

Sanna Pasanen

# Yrityksen etätoimipisteen liittäminen yhdistetyn viestinnän pilvipalveluun

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikka

Insinöörityö

27.02.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Sanna Pasanen Yrityksen etätoimipisteen liittäminen yhdistetyn viestinnän pilvipalveluun 71 sivua + 1 liite 27.02.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoverkot
Ohjaaja(t)	Lehtori Marko Uusitalo Senior IT Architect Sami Kuronen
<p>Yhdistetyn viestinnän ja yritysten sisäisen sosiaalisen liiketoiminnan työvälineitä tarjoavat pilvipalvelut ovat yleistyneet viime vuosina nopeasti. Uudet teknologiat ja protokollat ovat mahdollistaneet uusien kommunikaatiomuotojen ja välineiden syntymisen. Yritysten sivutoimipisteet ovat kuitenkin usein riippuvaisia pääkonttoreiden tietoliikenneyhteyksistä pilvipalveluihin. Riskinä on, että ne yhteyksien katketessa voivat jäädä ilman minkäänlaisia pilvipalvelun kautta tuotettuja viestintä- ja puhelinyhteyksiä. Tämän vuoksi onkin kehitettävä ratkaisuja turvaamaan kriittisimmät palvelut.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia yrityksen toimipisteiden liittämistä ko. pilvipalveluun teknisestä näkökulmasta sekä puheen laadun ja käytettävyyden näkökulmasta. Erityisesti keskitytään ratkaisuihin, jotka mahdollistavat liiketoiminnan kannalta kriittisten puhelinyhteyksien jatkuvuuden tietoliikenneyhteyden katketessa pilvipalveluun. Työssä tutkitaan teknisiä ratkaisuja ja parhaita käytäntöjä, eli miten tällaisessa tilanteessa voidaan taata puhepalvelut liittämällä toimipiste paikallisesti julkiseen puhelinverkkoon käyttäen eri teknologioita. Opinnäytetyö on toteutettu kehittämis- ja selvitystyönä, jossa halutaan antaa myös yleiskuva erilaisten verkkojen yhdistämisestä ja siihen liittyvistä arkkitehtuureista.</p> <p>Työssä esitellään kootusti parhaita käytäntöjä etätoimipisteen liittämiseksi yhdistetyn viestinnän pilvipalveluun. Erilaisia tekniikoita ja ratkaisuja ryhmitellään vikasietoisuuden näkökulmasta. Lisäksi esitetään vikasietoisen etätoimipisteen vuokaaviomalli ja kysymyslista, jotka yhdessä käytettynä tukevat vikasietoisuuden suunnittelua.</p>	
Avainsanat	Yhdistetty viestintä, Pilvipalvelut, VoIP

Author(s) Title Number of Pages Date	Sanna Pasanen Connecting a Branch Office to the Unified Communications Cloud Service 71 pages + 1 appendix 27 February 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communications Technology
Specialisation option	Data Networks
Instructor(s)	Marko Uusitalo, Senior Lecturer Sami Kuronen, Senior IT Architect
<p>Unified communications and collaboration cloud services are constantly gaining ground in the corporate world. New technologies and protocols have enabled the adoption of new communication forms and equipment. The branch offices of many companies are often highly dependent on the head office's network connections to cloud services and there is a risk that if the connections fail the branch is left without any cloud-based communication and telephony services. Due to this solutions have to be developed to secure the most critical operations.</p> <p>The purpose of this graduate study is to research how the branch can be connected to the unified communications cloud services from a technical point of view and also from speech quality and high availability perspectives. Special focus will be put on solutions that enable the continuity of the branch office's most critical telephony connections when the connection to the cloud services is lost.</p> <p>The main aim of this study is to identify different technical solutions and best practices for the failure situations and how the telephony services can be guaranteed connecting the branch office locally to the public switched telephone network using different technologies. The study is based on development and analysis work, which will provide a general picture of the integration of different networks and architectures related to that. First different techniques and solutions are grouped by a fault tolerance aspect and second a flow chart model of a fault tolerant branch office is presented with a list of questions supporting and facilitating the fault tolerant design.</p> <p>The recommendations presented in this study will help the company to choose best practices for connecting the branch to the unified communications cloud services.</p>	
Keywords	Unified Communications, Cloud Services, VoIP

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yhdistetty kommunikaatio	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Pilvi	7
2.2.1	Pilvilaskenta	7
2.2.2	Pilvipalvelu	10
2.3	UCaaS	11
3	Tekniikat ja protokollat	14
3.1	Signalointiprotokollat	15
3.1.1	SIP	15
3.1.2	H.323	18
3.1.3	MGCP ja SS7	19
3.2	SDP ja SAP	19
3.3	RTP ja RTCP	20
3.4	RTSP	20
3.5	XMPP	21
3.6	MPLS	21
3.7	POTS ja VoIP	22
3.8	SIP-trunk	23
3.9	UC-verkon laitteita	25
3.9.1	PBX	26
3.9.2	Portinvartija	26
3.9.3	Yhdyskäytävä ja SBC	27
3.9.4	Muut toiminnallisuudet	27

4	Vaatimukset etätoimipisteelle	28
4.1	Quality of Service	29
4.1.1	Koodekit	30
4.1.2	SIP QoS	34
4.2	Tietoturva	34
4.3	Verkot	35
4.4	Vikasietoisuus, käytettävyys ja luotettavuus	38
4.5	Puheluiden ohjaaminen ja hätäpuhelut	39
4.6	IPv6	40
5	Erilaisia toteutustapoja UC-palveluille	43
5.1	Cisco	43
5.1.1	Unified Communications ja Hosted Collaboration Solution	43
5.1.2	Etätoimipisteen suunnittelu	45
5.2	Siemens	48
5.2.1	OpenScape Unified Communications ja OpenScape Cloud	48
5.2.2	OpenScape Branch	50
5.3	Microsoft	51
5.3.1	Microsoft Lync	51
5.3.2	Survivable Branch Appliance	53
5.4	IBM	55
5.4.1	IBM Unified Communications and Collaboration	55
5.4.2	IBM Sametime ja IBM Sametime Unified Telephony	56
6	Parhaita käytäntöjä etätoimipisteelle UCaaS-palvelua varten	58
6.1	Vuokaavio etätoimipisteen yhteyksille	59
6.2	Esimerkitapauksia vuokaavion käyttöön	61
6.3	UCaaS-pilvipalveluiden haasteet	62
7	Yhteenveto	63



## Lyhenteet

ACELP	Algebraic code-excited linear prediction. Äänen koodausalgoritmi.
ADPCM	Adaptive Differential Pulse-Code Modulation. Mukautuva äänen koodausalgoritmi.
AES	Advanced Encryption Standard. Kehittynyt salausstandardi.
AMR-WB	Adaptive Multi-Rate Wideband. Mukautuva moninopeuksinen äänen koodausalgoritmi.
CPE	customer premises equipment. Asiakkaan tiloissa sijaitseva laite.
DNS	Domain Name Server. Toimialuepalvelin.
FEC	Forwarding Equivalence Class. Reititysekvivalenssiluokka.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol. Hypertekstin siirtoprotokolla.
IaaS	Infrastructure as a Service. Infrastruktuuri palveluna.
IETF	Internet Engineering Task Force. Internet-protokollien standardoinnista vastaava organisaatio.
IM	Instant Messsaging. Pikaviestitys.
IMS	IP Multimedia Subsystem. Malli multimedian siirtämisestä IP-verkossa.
IP	Internet Protocol. Internetprotokolla.
iSAC	internet Speech Audio Codec. Laajakaistainen äänikoodekki.
ISDN	Integrated Services Digital Network. Piiriytkentäinen puhelinverkkojärjestelmä.

ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector. Kansainvälinen televiestintäliitto.
LAN	Local Area Network. Langallinen lähiverkko.
MCU	Multipoint control unit. Monipiste hallintayksikkö.
MGC	Media Gateway Controller. Mediayhdyskäytäväohjain.
MGCP	Media Gateway Control Protocol. Mediayhdyskäytävän hallintaprotokolla.
MOS	Mean opinion score. Puheen/äänen suhteellinen hyvyys.
MPC-MLQ	Multipulse LPC with Maximum Likelihood Quantization. Äänen koodausalgoritmi.
MPLS	Multiprotocol Label Switching. Reititysprotokolla, joka perustuu tunnuksiin..
NAT	Network Address Translation. Verkko-osoite muunnos.
NGN	Next-Generation Network. Seuraavan sukupolven (mobiili)verkko.
NIST	National Institute of Standards and Technology. Yhdysvaltalainen kaupaministeriön alainen virasto.
OSI	Open Systems Interconnection. Pakettivälitteisen tietoliikenteen käsite-malli.
P2P	Peer-to-Peer. Vertaisverkko.
PaaS	Platform as a Service. Alusta palveluna.
PBX	Private Branch Exchange. Yksityinen, yrityksen sisäinen puhelinverkko.
POTS	Plain Old Telephone Service. Vanha julkinen lankapuhelinverkko.
PRI	Primary Rate Interface. ISDN:n yrityskäyttöön tarkoitettu standardi.



PSTN	Public switched telephone network. Julkinen piiriyhteyttäminen puhelinverkko.
QoS	Quality of Service. Palvelunlaatu.
RTCP	Real-time Control Protocol. Reaaliaikaisen liikenteen hallintaprotokolla.
RTP	Real-time Transport Protocol. Reaaliaikaisen liikenteen kuljetusprotokolla.
RTSP	Real Time Streaming Protocol. Reaaliaikaisen multimedian suoratoiston ohjausprotokolla.
SaaS	Software as a Service. Ohjelmisto palveluna.
SAP	Session Announcement Protocol. Istunnon julkistusprotokolla.
SBA	Survivable Branch Appliance. Vikasietoinen etätoimipistelaite.
SBC	Session Border Controller. VoIP-verkkopuheluiden hallintalaite.
SDP	Session Description Protocol. Istunnon kuvausprotokolla.
SIP	Session Initiation Protocol. Istunnon aloitusprotokolla.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol. Sähköpostiprotokolla.
SOAP	Simple Object Access Protocol. Web-palveluprotokolla.
SRST	Survivable Remote Site Telephony. Vikasietoinen etätoimipistepuhelin.
SS7	Signaling System No. 7. Signaalintijärjestelmä numero 7 protokolla.
STUN	Session Traversal Utilities for NAT. Istunnon siirtotekniikka NAT-muunnosta varten.
SUT	Sametime Unified Telephony. Sametimen yhdistetty puhelintoiminta.
TAS	Telephony Application Server. Puhelintoiminnan ohjelmistopalvelin.

TCS	Telephony Control Server. Puhelintoiminnan hallintapalvelin.
TDM	Time Division Multiplexing. Aikavälipohjainen monilähetys.
TCP	Transmission Control Protocol. Lähetyksen hallintaprotokolla.
TLS	Transport Layer Security. Lähetysskerroksen tietoturva.
UC	Unified Communications. Yhdistetty viestintä.
UCC	Unified Communications and Collaboration. Yhdistetty viestintä ja yhteistyö.
UCIF	Unified Communications Interoperability Forum. Kommunikaatioalan laitevalmistajien allianssi.
UCS	Unified Communications System. Yhdistetyn viestinnän järjestelmä.
UCaaS	Unified Communication as a Service. Yhdistetty viestintä palveluna.
UDP	User Datagram Protocol. Yhteydetön tiedonsiirtoprotokolla..
UM	Unified Messaging. Yhdistetty viestitys.
URI	Uniform Resource Identifier. Yhdistävä resurssitunniste.
VLAN	Virtual Local Area Network. Virtuaalinen lähiverkko.
VoIP	Voice over IP. Internetpuhelutekniikka.
VPN	Virtual Private Network. Virtuaalinen yksityisverkko.
WAN	Wide Area Network. Laajaverkko.
XML	Extensible Markup Language. Merkintäkieli.
XMPP	Extensible Messaging and Presence Protocol. Viestitys- ja läsnäolo-protokolla.

## 1 Johdanto

Yhdistetyn viestinnän (Unified Communications, UC) ja yritysten sisäisen sosiaalisen liiketoiminnan työvälineitä tarjoavat pilvipalvelut ovat yleistyneet viime vuosina nopeasti, ja yhä useampi yritys on kiinnostunut ottamaan niitä käyttöönsä. Tyypillisesti pilvipalvelun tuottaa palveluntarjoaja keskitetystä pilvipalvelukeskuksesta. Yritysten sivutoimipisteet ovat usein riippuvaisia pääkonttoreiden tietoliikenneyhteyksistä pilvipalveluihin ja riskinä onkin, että ne yhteyksien katketessa voivat jäädä ilman minkäänlaisia pilvipalvelun kautta tuotettuja viestintä- ja puhelinyhteyksiä. Tämän vuoksi onkin kehitettävä ratkaisuja turvaamaan kriittisimmät palvelut.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia yrityksen toimipisteiden liittämistä ko. pilvipalveluun teknisestä näkökulmasta sekä puheen laadun että käytettävyyden näkökulmasta. Erityisesti keskitytään ratkaisuihin, jotka mahdollistavat liiketoiminnan kannalta kriittisten puhelinyhteyksien jatkuvuuden tietoliikenneyhteyden katketessa pilvipalveluun. Työssä tutkitaan teknisiä ratkaisuja ja parhaita käytäntöjä, miten tällaisessa tilanteessa voidaan taata puhepalvelut liittämällä toimipiste paikallisesti julkiseen puhelinverkkoon käyttäen eri teknologioita.

Yhdistetty viestintä kokoaa yhteen äänen, videon, datan sekä mobiilituotteet ja -laitteet, joilloin yritysten viestintä ja toiminnot tehostuvat. Moderni UC-verkko onkin yhdistelmä neljästä aiemmin erillisestä verkosta, joita ovat internet, langaton mobiiliverkko, kiinteä puhelinverkko ja jopa kaapeli-TV-verkko. Erilaisten kommunikointitapojen yhdistäminen IP-verkoissa (Internet Protocol) ja avoimilla sovellusaloilla on mahdollistanut kommunikaatioiden uuden paradigman. Tämä tulee muuttamaan yksilöiden, ryhmien ja organisaatioiden tavan kommunikoida ja tehdä yhteistyötä. Yhdistettyjä kommunikaatio ja yhteistyö -sovelluksia (Unified Communications and Collaboration, UCC) onkin kehitetty kiihtyvää tahtia viime vuosina useiden eri valmistajien toimesta. [Elliot & Blood 2011; Yang & Liu 2010.]

Tutkimuksessa halutaan antaa myös yleiskuva verkkojen yhdistämisestä ja siihen liittyvistä arkkitehtuureista. Luvussa 2 esitellään yhdistetty kommunikaatio ja sen mahdollistavana toteutustapana pilvipalvelut ja pilviarkkitehtuurimalli. Kommunikaatioverkkojen vaatimia tärkeimpiä protokollia, laitteita ja teknisiä ratkaisuja esitellään luvussa 3 keskittyen erityisesti sivutoimipisteiden vaatimaan tekniikkaan. Luvussa 4 käsitellään erilaisia

vaatimuksia etätoimipisteen verkolle, kuten äänenlaatuun ja maantieteellisiin rajoitteisiin. Luvussa 5 kuvataan muutaman suuren palveluntoimittajan ratkaisumalleja yhdistettyyn kommunikaatioon ja mahdollisia etätoimipistearkkitehtuureja, lopuksi luvussa 6 esitellään liityntätapojen parhaita käytäntöjä ja vikasietoisen etätoimipisteen suunnitelumalli.

## 2 Yhdistetty kommunikaatio

Unified Communications eli yhdistetty kommunikaatio on kokonaisuus, joka on kehitetty helpottamaan esimerkiksi työntekijöiden arkea ja yhdistämään erilaiset kommunikointitavat ja välineet. Pilvipalveluiden kautta voidaan tarjota helposti skaalautuva ratkaisu, jolloin pilvilaskenta ei siis ole pääosassa vaan keino tuottaa joustavaa palvelua. Aluksi esitellään yhdistetty kommunikaatio yleisellä tasolla luvussa 2.1 ja luvussa 2.2 selvitetään pilvilaskennan ja pilvipalvelun käsitteitä sekä pilviarkkitehtuuria. Luvussa 2.3 tutustutaan yhdistetyn viestinnän pilvipalveluun.

### 2.1 Yleistä

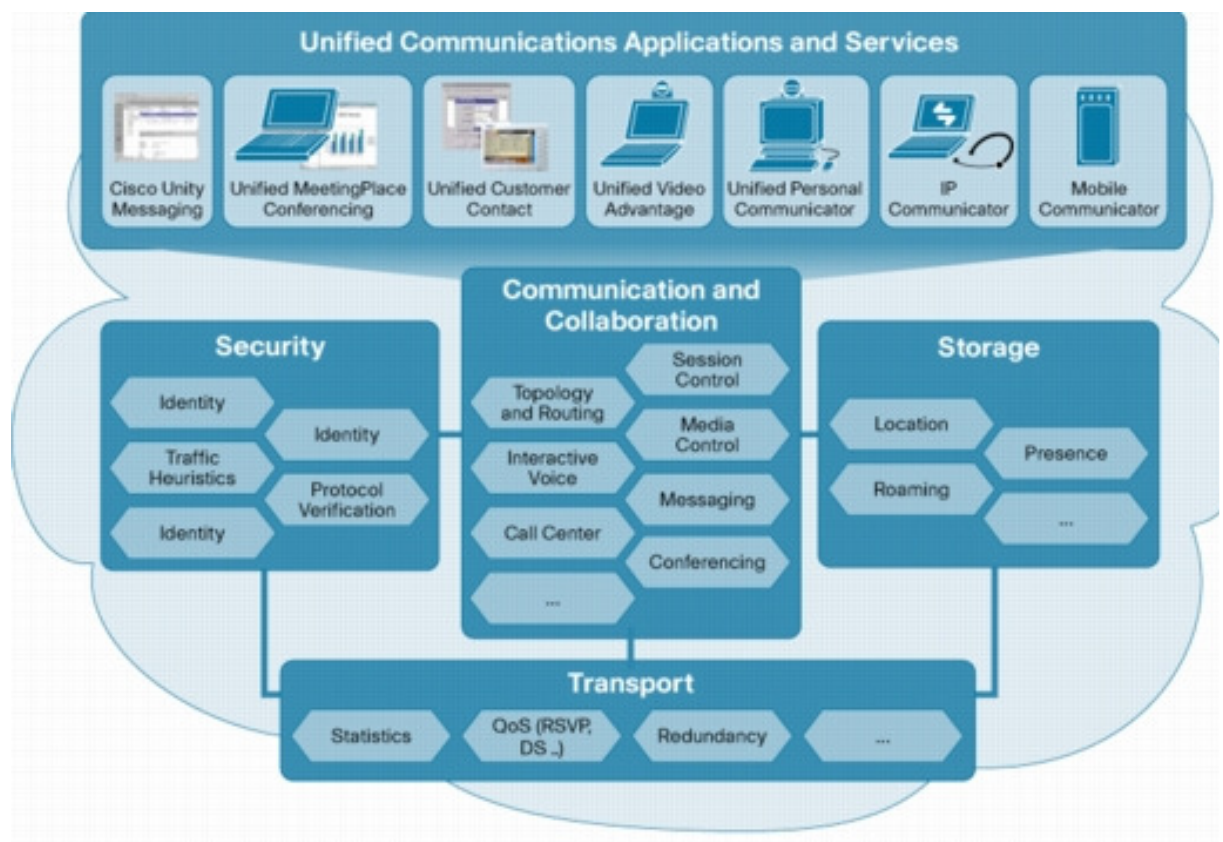
Yhdistetty kommunikaatio mahdollistaa merkittävän muutoksen yritysten kommunikaatiossa. Puhepalvelut ovat kehittyneet analogisesta digitaaliseen ja edelleen VoIP-palveluiksi (Voice over IP). Viimeisten vuosikymmenten aikana on kehitetty erilaisia sähköposti-, videokonferenssi- ja pikaviestintäjärjestelmiä. Lisäksi viimeaikaiset harppaukset älypuhelimien ja uusien sosiaalisten verkkojen saralla ovat luoneet uusia kommunikointitapoja. Näiden edellä mainittujen tekniikoiden ja järjestelmien yhdistäminen yhdeksi tietovuoksi luokiteltaviksi tehokkaita ja helppokäyttöisiä ratkaisuja, joiden käytön odotetaan kasvavan jopa eksponentiaalisesti parissa vuodessa. [UCI Forum 2011.]

Kansainvälinen ICT-alan arvostettu tutkimus- ja konsultointiyritys Gartner julkaisee vuosittain katsauksia myös yhdistetyn viestinnän markkinoista ja tilanteesta. Vuonna 2008 kokonaisliikevaihto oli alalla jo 5,1 miljardia dollaria, josta markkinajohtaja Ciscon osuus oli 23 prosenttia eli 1,08 miljardia dollaria. [Cramoysan 2009.] Nykyinen arvio on, että ala kasvaa nopeasti seuraavan viiden vuoden aikana ja voi olla jopa 17 miljardia dollaria vuoteen 2015 mennessä. [UCI Forum 2012]

Gartnerin määrittelyn mukaisesti yhdistetyn kommunikaation tuotteet (laitteet, ohjelmistot ja palvelut) mahdollistavat usean yrityskommunikointitavan käytön, mikä voi sisältää näiden tapojen valvontaa, hallintaa ja yhdistämistä. Nämä tuotteet yhdistävät kommunikointikanavia eli medioita, verkkoja ja järjestelmiä, yrityksen omia ohjelmistoja ja jopa yrityksen asiakasohjelmistoja ja -laitteita. Yhdistetty kommunikaatio voi parantaa merkittävästi yksilöiden, ryhmien ja yritysten välistä vuorovaikutusta ja tuottavuutta. Nämä

kommunikointituotteet voivat olla vain yhdeltä toimittajalta tai yritys voi hankkia eri ohjelmistot ja alustat usealta toimittajalta. Yhdistetty kommunikaatio voidaan myös liittää jo olemassa olevien kommunikaationvälineiden jatkoksi tuomaan laajempaa toiminnallisuutta.

Käyttäjät voivat yhdistetyn viestinnän avulla tavoittaa ja tehdä yhteistyötä reaaliaikaisesti etätyöntekijöiden, päätöksentekijöiden ja asiakkaiden kanssa parantaen tuotavuutta ja tehokkuutta, jolloin tuloksena on parempaa kommunikaatiota ja nopeampaa päätöksentekoa. Ihmiset käyttävät yhdistettyä kommunikaatiota joko henkilökohtaiseen viestintään tai yrityksen sisällä työryhmä- ja yhteistyöviestintään, mutta yhdistetty kommunikaatio sopii käytettäväksi myös yrityksen ulkopuolella, jolloin voidaan tehostaa viestintää yritysten, organisaatioiden sekä suurten julkisten yhteisöjen välillä. Yhdistetty viestintä mahdollistaa nämä hyödyt liittämällä yhteen reaaliaikaiset viestintäpalvelut. [Elliot & Blood 2012b; UCI Forum 2012.] Kuvassa 1 on yleismalli yhdistetyn viestinnän palveluista ja sen vaatimista toiminnoista.



Kuva 1. Ciscon UC- ja verkkoperustaisten palvelujen yleiskuvaus [Cisco Systems 2008].

Seuraavassa luettelossa on yhdistetty Gartnerin ja UCI Forumin (Unified Communications Interoperability Forum) määritelmät yhdistetylle viestinnälle. Uusia ominaisuuksia tulee koko ajan lisää, joskaan kaikki valmistajat eivät aina sisällytä kaikkia ominaisuuksia tuotteisiinsa. [Elliot & Blood 2012b; UCI Forum 2012.]

- *Ääni ja puhelut*, jotka sisältävät kiinteät, mobiilit ja sovelluspuhelimet, sekä PBX-puhelinjärjestelmien (Private Branch Exchange) kehitys, suoralähettykset, kuten videopuhelut, P2P-ääni (Peer-to-Peer) ja PSTN-yhteydet (Public switched telephone network).
- *Kokous ja neuvottelu*, jotka sisältävät ääni-, video- ja verkkoneuvottelu.
- *Viestitys*: sähköposti, vastaajapalvelu, sekä muut yhdistetyn viestityksen (Unified Messaging, UM) ratkaisut.
- *Pikaviestintä, tavoitettavuus ja läsnäolo*, jotka sisältävät tavoitettavuus- ja läsnäolopalvelut, jotka kehittyessään mahdollistavat tavoitettavuus- ja sijaintitiedon kokoamisen ja julkaisun, pikaviestintäsovellukset (Instant Messaging, IM).
- *Asiakasohjelmisto*, jotka sisältävät työpöytä-, selain- ja mobiililaitteohjelmistot, sekä erikoisohjelmistot yrityssovelluksiin.
- *Viestintäsovellukset*, jotka sisältävät yhteistyösovellukset, vaihdepalvelut, muistutussovellukset sekä yhdistetyt hallinta-, raportointi- ja/tai analytiikka-sovellukset.
- *Kalenteri ja aikataulutus*, jotka sisältävät erilaiset kalenterisovellukset .
- *Ilmoitustaulu*, jotka sisältävät yrityksen sisäverkon tai internetin foorumit, joissa voi keskustelun lisäksi jakaa tiedostoja.

Hieman enemmän yritysliiketoiminnan näkökulmasta yhdistetyn viestinnän järjestelmät (Unified Communications System, UCS) voidaan jakaa kuuteen moduuliin, jotka esitellään taulukossa 1.

Taulukko 1. Yhdistetyn viestinnän päämoduulit. Vasemmalta oikealle mentäessä kulut ja toiminnallisuus lisääntyvät. (Mukailtu lähteestä [Rierner & Taing 2009.]

Moduulit	IP-infrastrukturi	Viestintäväline	Media/kanava-yhdistäminen	Läsnäolo-signaali	Yhteistyö	Kontekstualisaatio
Palvelut ja toiminnallisuudet	-IP-puhelut (VoIP) -PSTN-laajennus -Langaton VoIP	-UM-synkroninen ja asynkroninen -IM	-Säännönmukainen puhelun-ohjaus -”Seuraa minua” -ominaisuus -Preferenssi-määrittely	-Status -Automaattinen laite-signaali -Itsenäinen signaali	-Kokoukset -Ad-hoc sovellus-jako -Ryhmäkälenteri -Jaettu tietovarasto	-UC:n yhdistäminen liiketoimintaan prosesseihin -Yritys- ja toimisto-ohjelmistoihin yhdistyminen
Esimerkkejä	VoIP-puhelimet, sovelluspuhelimet	Sovelluspuhelin video-, sähköposti-, IM- ja vastaaja-palveluilla	Tavoitettavuus yhdestä numerosta, sovelluspuhelin sääntöeditorilla	Cisco Presence, AOL Messenger, Skype	Meeting-place, Webex, Lotus Sametime	SAP- ja Office-integraatio
Fokus	Laitteisto ja infrastrukturi	Laitteet	Itsenäisen ja ryhmäviestinnän hallinta		Tiimityöskentely	Organisaation yhdistyminen

Yritys voi siis ottaa käyttöönsä tarpeidensa mukaan esimerkiksi vain osan taulukossa 1 kuvatuista moduuleista. Yleensä käyttöönottojärjestys on vasemmalta oikealle. Seuraavaksi avataankin hieman moduulien sisältöä:

- *IP-infrastrukturi-moduuli* tarjoaa fyysisen tiedonsiirron tietoliikennelaitteiden kautta loppukäyttäjille. Laitteisto ja ohjelmisto muodostavat tämän moduulin ytimen.
- *Viestintäväline-moduuli* on tärkeä osa UC-järjestelmää ja se sisältää synkronisen viestinnän välineet, kuten puhelut, videoyhteydet ja pikaviestinnän. Edellä mainitut mahdollistavat kahdenvälisen kommunikoinnin sekä usean henkilön välisen yhteyden.
- *Media/kanava-yhdistäminen -moduuli* muodostuu yhdistetystä viestin käsittelykomponentista ja sääntöpohjaisesta koordinoitintasosta. Näiden avulla esimerkiksi puhelua voidaan ohjata haluttuun laitteeseen tiettyyn aikaan päivästä ja käyttäjälle riittää yksi numero kaikkiin medioihin.
- *Läsnäolo-signaali -moduuli* ilmaisee tavat, joilla käyttäjä näkyy muille käyttäjille eli on tavoitettavissa, mikä esimerkiksi ehkäisee turhia häiriöitä työkenneltäessä. Myös ryhmällä voi olla yhteinen läsnäolostatus.
- *Yhteistyö-moduuli* tehostaa viestintää lisäämällä peruskommunikaatioon uusia lisäominaisuuksia. Esimerkiksi perinteiseen puhelinkeskusteluun yhtei-



sen dokumentin muokkauksen tai mahdollisuuden lisätä henkilöitä keskusteluun, jonka voi muuttaa myös puhelusta videoneuvotteluksi.

- *Kontekstualisaatio-moduuli* upottaa UC-toimintoja liiketoimintajärjestelmiin ja prosesseihin, jolloin työntekijät voivat aloittaa viestinnän työprosessin tai ohjelman sisällä siirtymättä ensin varsinaiseen kommunikaatiovälineeseen. Esimerkiksi toimisto-ohjelmissa voi olla liitettyä IM-välilehti tai yrityksen sisäverkossa jaettavassa dokumentissa voi olla suora soittolinkki. [Riemer & Taing 2009.]

Yllä mainittujen moduulien lisäksi UC tuo yritykselle hyötyä kustannussäästöinä, kun vanhoista laitteista voidaan luopua ja työ on tehokkaampaa. Myös ajan suhteen kriittiset prosessit nopeutuvat, kun yhteystiedot löytyvät nopeasti ja yhteys saadaan muodostettua esimerkiksi oikean alan asiantuntijalle, joka löytyy hakupalvelun kautta. Tavoitettavuus-tietoa voi myös ohjata säännöillä, jolloin eri käyttäjille voi antaa eri tavoitettavuus-informaation. [Riemer & Taing 2009.]

Yhdistetty kommunikaatio tuo siis helpotusta työntekijöiden kommunikaatiotulvaan, mutta on samalla hieman häilyvä käsite ja riippuu määrittelijästä ja näkökulmasta. Teknisesti se kuitenkin mahdollistaa verkkojen yhdistämisen ja vähentää tarvittavien fyysisten tietoliikenneyhteyksien määrää.

## 2.2 Pilvi

Viime vuosina varsinaiseen hehkutukseen noussut pilvi-käsite tulkitaan kymmenillä eri tavoilla, joista ehkä tärkeintä on erottaa pilvilaskenta ja pilvipalvelu, jotka esitellään luvuissa 2.2.1 ja 2.2.2.

### 2.2.1 Pilvilaskenta

Pilvilaskennalle ei ole vain yhtä hyväksyttyä määritelmää. Yleiskuvan luomiseksi seuraavaksi esitellään joitakin nykyisin käytössä olevia malleja ja määritelmiä.

Pilvilaskenta tarjoaa virtualisoinnin avulla ympäristön ja kapasiteettia tiedon varastointiin ja laskentaan. Se on joustava ja skaalautuva dynaaminen ratkaisu, joka mukautuu kysynnän mukaan ja tarpeisiin sopivaksi, vähentäen näin yritysten laite- ja ohjelmistokustannuksia. Pilvilaskenta on pilvipalveluiden tekninen perusta, joka sisältää kasvavan määrän erilaisia teknologioita ja ohjelmistoja. Pilvilaskenta yhdistää tekniikan kehityk-

sen, käyttöönoton ja toimittamisen mahdollistaen näin reaaliaikaisen tuotteiden, palveluiden ja ratkaisujen toimittamisen internetin välityksellä. [Gens 2008; Ramgovind ym. 2010; Vaquero ym. 2009.] Erilaisten määritelmien viidakosta onkin tehty listaus yleisimmistä pilviä ja pilvilaskentaa kuvaavista ominaisuuksista:

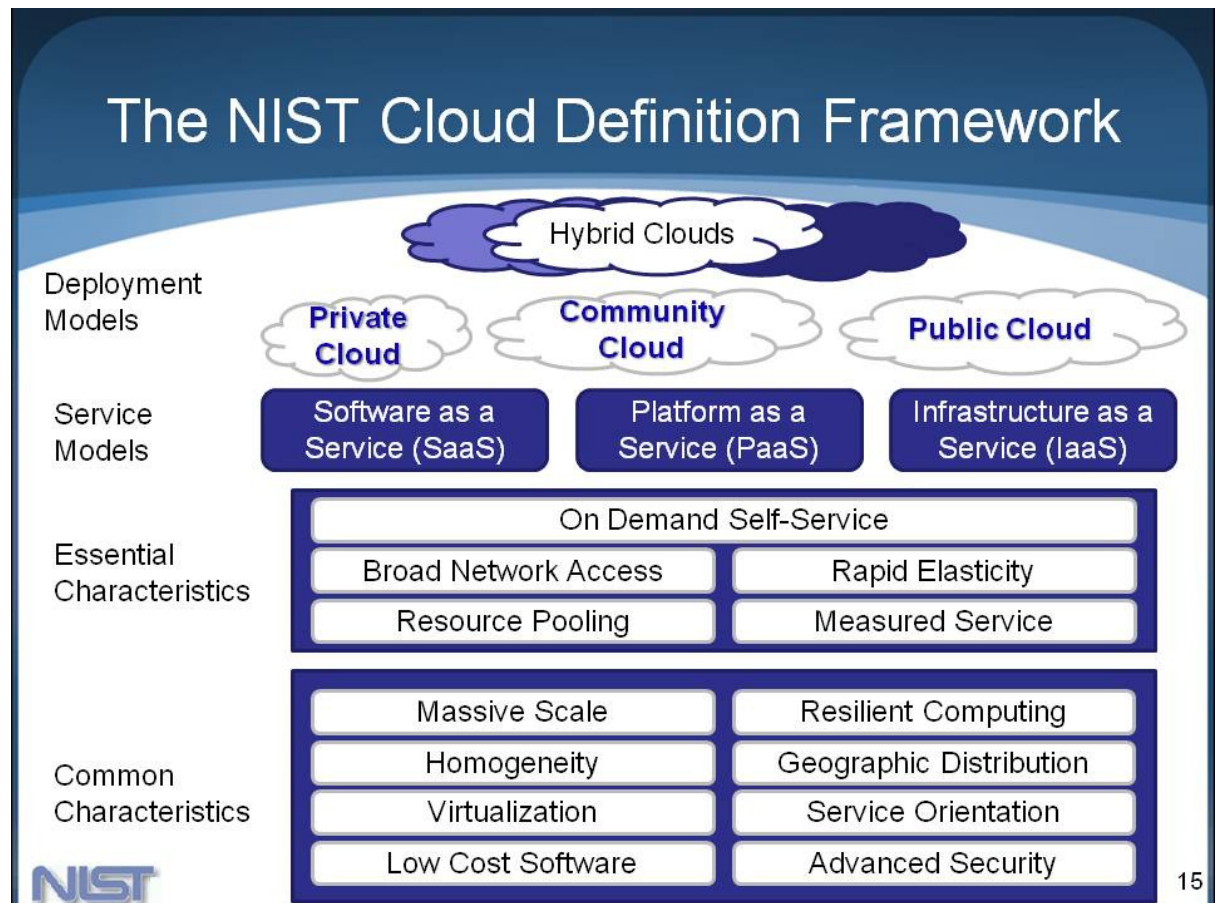
- käyttäjäystävällisyys
- virtualisointi
- internet-keskeinen
- resurssien vaihtelevuus
- automaattinen sopeutuvuus
- skaalautuvuus
- resurssien optimointi
- maksu ainoastaan käytön mukaan
- palvelutasosopimukset
- infrastruktuuri-sopimukset. [Vaquero ym. 2009.]

Yllä mainittujen ominaisuuksien lisäksi pilvilaskentaan sisältyy myös erilaisia sovelluksia ja ohjelmistoja esimerkiksi kehitykseen ja hallintaan. Lisäksi tietoverkot eli IP-verkot kuuluvat olennaisena osana tähän infrastruktuuriin. [Gens 2008.]

NIST (National Institute of Standards and Technology) määritteli vuonna 2009 pilvilaskennan olevan malli, joka mahdollistaa kaikkialla läsnä olevan, tarkoitukseen sopivan ja tarvittaessa toimivan verkkoyhteyden jaettuihin laskentaresursseihin (verkot, palvelimet, tietovarastot, sovellukset ja palvelut), joita voidaan nopeasti ottaa käyttöön ja vapauttaa pienimmällä mahdollisella hallintatyöllä tai palveluntarjoajan vuorovaikutuksella. NIST:n mukaan tärkeimmät pilvilaskennan ominaisuudet ovat itsepalvelu käyttäjän tarpeiden mukaan, laaja tietoverkkojen käyttömahdollisuus, resurssien jakaminen, nopea joustavuus ja mitattu palvelu. [Mell & Grance 2009.]

Pilviarkkitehtuuri puolestaan on kokoelma laitteistoa ja ohjelmistoa, jotka mahdollistavat viisi tärkeintä pilvilaskennan ominaisuutta. Pilven arkkitehtuurin voidaan lukea kuuluvaksi sekä fyysinen kerros että abstraktiokerros. Fyysinen kerros sisältää laitteistoresurssit eli tyypillisesti palvelin-, tietovarasto- ja verkkokomponentit, jotka ovat välttä-

mättömiä pilvipalveluiden tarjoamiseen. Abstraktiokerrokseen kuuluvat fyysisen kerroksen käyttämät ohjelmistot, jotka varsinaisesti tuovat esille pilven tärkeimmät ominaisuudet. Käsitteellisellä tasolla abstraktiokerros on siis fyysisen kerroksen yläpuolella. Kuvassa 2 on edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi esitetty pilvipalvelumallit sekä eri pilvityypit.



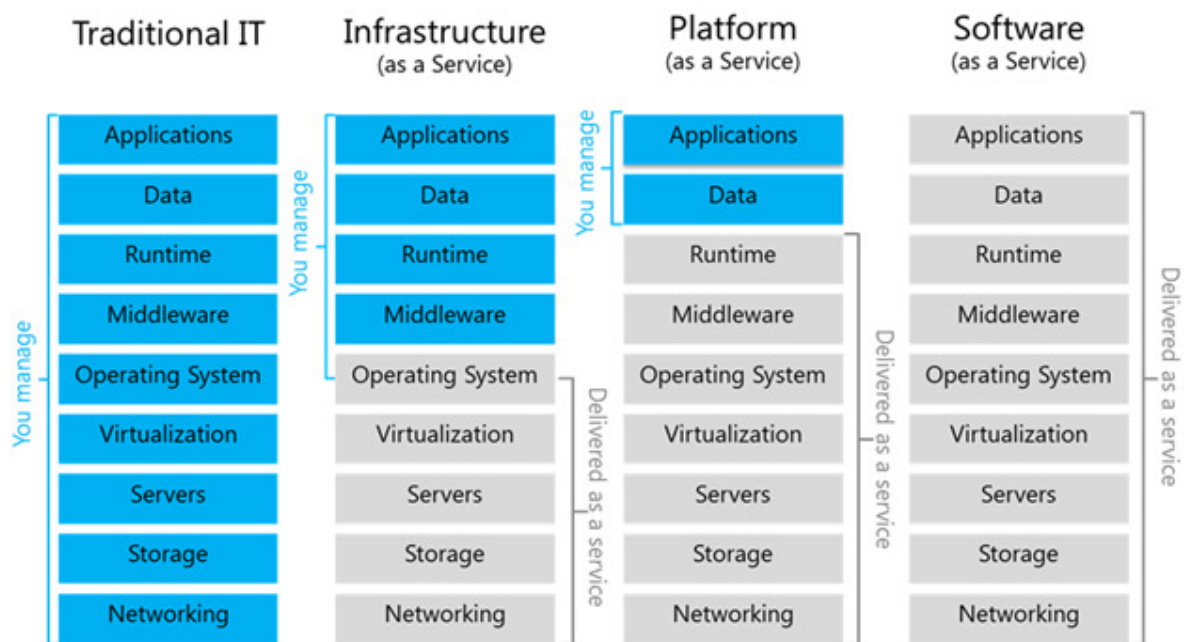
Kuva 2. NIST:n pilvilaskennan määrittelymalli [CloudRyder 2011].

NIST määrittelee neljä erilaista pilvityyppiä, joissa erottavina tekijöinä ovat järjestelmien sijainti ja resurssien varaaminen tai omistus. *Yksityisen pilven (Private Cloud)* infrastruktuuri on varattu eli ostettu ainoastaan yhden asiakkaan esimerkiksi yrityksen käyttöön. Yritys tai kolmas osapuoli voi hallita, operoida ja omistaa pilven, mutta myös jaettu hallinta on mahdollista. Pilvi voi sijaita joko yrityksen omissa tiloissa tai esimerkiksi palveluntarjoajalla. *Yhteisöpilvessä (Community Cloud)* infrastruktuuri on jaettu nimensä mukaisesti yhteisön jäsenten kesken, joita voivat olla esimerkiksi yritykset. Myös hallinnolliset toiminnot voidaan jakaa jäsenten kesken, samoin laitteiston varsinainen

fyysinen sijainti. *Julkinen pilvi (Public Cloud)* on yleisessä avoimessa käytössä. Hallinnoinnista voivat vastata useat tahot, kuten yritykset, oppilaitokset, hallinnolliset elimet tai näiden yhdistelmät. Fyysisesti julkinen pilvi sijaitsee palveluntarjoajan tiloissa. *Hybridipilvi (Hybrid Cloud)* on yhdistelmä kahdesta tai useammasta edellä mainitusta pilvi-tyypistä, jotka pysyvät itsenäisinä kokonaisuuksina, mutta jotka on sidottu toisiinsa käyttäen joko valmistajakohtaista tai standardoitua teknologiaa, joka mahdollistaa tiedon ja sovelluksien siirrettävyyden näiden välillä. [Mell & Grance 2009.]

## 2.2.2 Pilvipalvelu

Pilvipalvelu on tuote, jota voidaan kuvata erilaisilla arkkitehtuurimalleilla, joista jotkin ovat hyvinkin yksityiskohtaisia. Kuten pilvilaskennan tapauksessakin, ei pilvipalvelullekaan ole yksittäistä määritelmää vaan malleja on useita ja niitä laajennetaan nopeaa tahtia. Laveasti määriteltynä [Gens 2008] pilvipalvelu sisältää kaikki kuluttaja- ja yritys-tuotteet, palvelut ja ratkaisut, jotka toimitetaan ja käytetään reaaliaikaisesti internetin yli.



Kuva 3. Palveluntarjoajan ja asiakkaan vastuualueet pilvipalvelumalleissa [Chou 2011].

NIST [Mell & Grance 2009] määrittelee kolme pilvipalvelumallia (kuvassa 2): Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS) ja Infrastructure as a Service (IaaS),

jotka ovat varsin yleisesti käytettyjä. Samat mallit ovat myös kuvassa 3, jossa on eritelty tarkemmin asiakkaan ja palveluntarjoajan vastuualueita. Ensimmäisenä vasemmalta on niin sanottu perinteinen IT-toteutusmalli ilman pilvipalvelua, jolloin yritys vastaa itse sekä laitteista että ohjelmistoista. IaaS-mallissa (kuva 3, toinen vasemmalta) asiakas ei hallinnoi tai valvo alapuolista pilviarkkitehtuuria, mutta sillä ovat kontrollissaan käyttöjärjestelmät, tietovarastot ja muut käytetyt sovellukset sekä mahdollisesti rajoitettu oikeus valita tietoverkossa käytettäviä komponentteja. Palveluntarjoaja huolehtii riittävästä laskentakapasiteetista, tietovarastoista, verkoista ja muista perustavanlaatuisista resursseista, joita asiakas voi käyttää ja varata haluamallaan tavalla.

PaaS-mallissa (kuva 3, toinen oikealta) palveluntarjoajan vastuulla on pilviarkkitehtuurin kehitysalusta, jolle asiakas voi luoda tai hankkia sovelluksia käyttäen palveluntarjoajan tukemia ohjelmointikieliä, -kirjastoja, -palveluja ja työkaluja. Asiakas ei vastaa alla olevasta pilviinfrastruktuurista, joka sisältää verkon, palvelimet, käyttöjärjestelmät tai tietovarastot, mutta asiakas kontrolloi käytettäviä sovelluksia ja näiden mahdollisia asetuksia. SaaS-mallissa eli sovellukset palveluna (kuva 3, ensimmäinen oikealta) asiakas käyttää palveluntarjoajan sovellusta tai sovelluksia, jotka toimivat tämän hallinnoimassa pilvi-infrastuktuurissa. Sovellukset ovat käytävissä useiden asiakaslaitteiden kautta, kuten portaali palveluina (internetselain) tai varsinaisina asennettavina sovelluksina. Asiakas ei hallinnoi tai vastaa pilvi-infrastruktuurin verkoista, palvelimista, käyttöjärjestelmistä, tietovarastoista tai yksittäisten sovellusten asetuksista lukuun ottamatta rajoitettuja käyttäjäasetuksia.

### 2.3 UCaaS

UCaaS (Unified Communications as a Service) eli yhdistetty viestintä palveluna on pilviperusteinen asiakkaan tarpeiden mukaan joustava tapa toimittaa yhdistettyjä viestintäratkaisuja, kuten ääni-, puhelu-, viestitys-, neuvottelu-, pikaviestintä ja muita palveluita. UCaaS on erityisesti toimitusmalli. UC-infrastruktuurin omistaa, ylläpitää ja hallinnoi palveluntarjoaja, joka myy palvelua useille asiakkaille, perustuen maksu per käyttö - hinnoitteluun, kuukausilaskutuksella. Tämä vastaakin yleensä SaaS-pilvipalvelumallin hinnoittelua, joten UCaaS voidaan lukea sovellukset palveluna -pilvipalvelukategoriaan.

UCaaS-palveluntarjoajat keskittyvät toimittamaan palvelut pilven kautta käyttöperusteella maksulla. UCaaS-toimittajia on useita, kuten esimerkiksi Cisco, Microsoft, Mitel,

Siemens Enterprise Communications, Interactive Intelligence ja ShoreTel, ja ne tarjoavat molempia, asiakkaan omiin tiloihin sijoitettavaa ja pilvipalveluun perustuvaa UC-mallia. Vielä vuonna 2010 pilviratkaisujen toiminnallisuus oli kehityksessä kuitenkin selvästi jäljessä perinteisistä asiakaslaiteratkaisuista (CPE, customer premises equipment). Palveluntarjoajat etsivätkin kuumeisesti keinoja tuoda pilvipalveluiden ominaisuudet samalle tasolle CPE-ratkaisujen kanssa. Nykyään yritys voikin hankkia UCaaS-palveluja useilta eri tahoilta, kuten laitetoimittajilta, viestintäpalvelutoimittajilta, järjestelmäintegraattoreilta ja sovellusasiantuntijoilta. [Elliot & Blood 2012a.]

Yritykset voivat UC:n avulla tehostaa yksilöiden, ryhmien ja yritysten kanssakäymistä, suorituskkyä ja tuottavuutta. Valtaosa yhdistetyn viestinnän ratkaisuista on sijoitettu asiakkaan tiloihin ja asiakas hallinnoi laitteistoa. Tilanne on kuitenkin muuttumassa teknisen kehityksen myötä pilvipalveluita (UCaaS) suosivammaksi.

UCaaS-mallissa palveluntarjoaja omistaa, ylläpitää ja hallinnoi UC-infrastruktuuria omissa tiloissaan. Infrastruktuuri on tyypillisesti usean asiakkaan käytössä tai virtualisoitu, jotta asiakkaat voivat jakaa laitteistoresursseja. Asiakkaat maksavat tilausmaksu- ja UC-palveluista tyypillisesti kuukausittain ilman, että niiden tarvitsee sijoittaa omaa tarvittavaan laitteistoon. Lisäksi UCaaS-mallin hyötynä on, että asiakas ei joudu ottamaan riskiä, että hankitun teknologian tuki loppuisi tai valmistaja poistuisi markkinoilta. [O'connell & Elliot 2011.]

Gartner uskoo, että pilviratkaisut yleistyvät ja kehittyvät muutaman seuraavan vuoden aikana. Mutta vaikka pilvipalvelut ovat kiinnostavia, yritykset haluavat kuitenkin säilyttää kontrollin tiettyihin toimintoihinsa, kuten hakemistoihin ja etätoimipisteiden yhteyksien vikasietoisuuteen. Tästä seuraakin, että hybridivaihtoehdoista tulee erittäin tärkeä osa UCaaS-mallia. [Elliot & Blood 2012a.] Monet yritykset, joilla on vähintään 1000 työntekijää, erityisesti yli 3000 työntekijän yritykset, eivät ole kiinnostuneita täysimittaisesta yhdistetyn viestinnän pilvipalvelusta, vaan hankkivat mieluummin hybridiratkaisuja. Hybridimalli edellyttää tiettyjen palveluiden toimittamista pilven kautta ja osan palveluista toteuttamista asiakkaan tiloissa sijaitsevilla ratkaisuilla. Syitä hybridiratkaisujen suosioon ovat ainakin seuraavat:

- tarve vähentää yrityksen tiloissa olevaa laitteistoa
- halu säilyttää tiettyjä toimintoja yrityksellä itsellään ja omissa tiloissa

- huoli pilvipalvelun toimintavarmuudesta
- suurten yritysten aiemmin hankkimat monimutkaiset ratkaisut.

Hybridiratkaisu perustuu yleensä joko toiminnalliseen tai maantieteelliseen jakoon. Toiminnallisesta jaosta esimerkkinä voisi olla ratkaisu, jossa viestitys- ja VoIP-palvelut toimitetaan pilvipalveluna, kun taas pikaviestintä-, läsnäolo- ja neuvottelupalvelut toimivat yrityksen tiloissa sijaitsevassa laitteistossa. Maantieteellisestä jaosta esimerkkinä on malli, jossa yrityksen pääkonttorissa sijaitsee IP-PBX-puhelinjärjestelmä-laitteisto ja alueellisiin toimipisteisiin VoIP-palvelu toimitetaan pilvipalveluna. [O'connell & Elliot 2011.]

Yhdistetty viestintä on yrityksissä jo tätä päivää, ja erityisesti pilvipalvelun avulla joko osittain tai kokonaan toimitettuna ratkaisuna erittäin kustannustehokas ja vaivaton. Yritys saa tarpeidensa mukaan räätälöidyt ja skaalautuvat resurssit, joista se maksaa kuukausiperusteisesti, eikä joudu sitoutumaan tiettyyn laitteistoon. Tosin on suositeltavaa, että käytettyjen tekniikoiden toimintavarmuus ja vikasietoisuus otetaan tarkoin huomioon.

### 3 Tekniikat ja protokollat

Yhdistetyn viestinnän verkoissa käytetään useita erilaisia protokollia ja tekniikoita sekä laitteita. Osa vielä käytössä olevista ratkaisuista perustuu vanhoihin puhelinjärjestelmiin (PSTN), jolloin myös yhteensopivuus ja toimintavarmuus näiden välillä on taattava. Useat laitevalmistajat ja palveluntarjoajat toteuttavat samoja UC-toiminnallisuuksia hieman eri tavoin, joten se lisää käytössä olevien protokollien ja tekniikoiden määrää. Tässä luvussa esitellään lyhyesti yleisesti käytettyjä protokollia, laitteita ja teknisiä ratkaisuja, joissa keskitytään erityisesti sivutoimipisteiden vaatimaan tekniikkaan.

Taulukossa 2 on Ciscon referenssimalli, johon on sijoitettu ääni- ja videoyhteyksien vaatimia protokollia OSI-mallin (Open Systems Interconnection) tasoille. Alkuperäiseen taulukkoon on lisätty protokollia (MPLS, XMPP, SS7, SDP, ja SAP) verkko- ja istunto-tasoille. Istuntokerros (Session) on yhdistetty sekä siihen on lisätty protokollat SDP ja SAP. Kaikki taulukossa mainitut yhdistettyyn viestintään liittyvät protokollat esitellään tässä luvussa. Äänikoodekit (G.711, G.723, G.726 ja G.729) esitellään tarkemmin luvussa 4, mutta videokoodit siivutetaan, koska keskeisenä aiheena ovat puheyhteydet. Siirtokerrokselta (Data Link) esitellään ainoastaan yleisimmin UC-verkoissa käytetty MPLS-reititystekniikka. Signaalointiprotokollista keskitytään SIP-protokollaan, sillä SIP on käytössä lähes kaikkien valmistajien UC-ratkaisuissa.

Taulukko 2. UC-yhteyksissä käytetyt protokollat sijoitettuna OSI-mallin tasoille. (Muokattu lähteestä [Cisco Systems 2012a.]

OSI Layer Number	OSI Layer Name	Voice	Video
7	Application	Unified IP Phone, Unified Personal Communicator, etc.	Video endpoint, Unified Video Advantage, etc.
6	Presentation	G.711, G.723, G.726, G.729	H.261, H.263, H.264
5	Session	H.323/MGCP/SIP/SDP/SAP/XMPP/SS7	
4	Transport	RTP/UDP, TCP	
3	Network	IP, MPLS	
2	Data Link	MPLS, Frame Relay, ATM, Ethernet, PPP, MLP, and more	



UC-liikenne kulkee OSI-tasoilla (taulukko 2) pääpiirteissään seuraavasti:

- Taso 6: DSP-prosessori (Digital signal processor) pakkaa ja/tai koodaa ääni- tai videosignaalin käyttäen valittua koodekkia. Tämän jälkeen DSP jakaa signaalin kehyksiin, jotka se edelleen sijoittaa paketteihin.
- Taso 5: Paketit kuljetetaan signaalointiprotokollan (H.323, SIP) avulla.
- Taso 4: Signaalointiliikenne (yhteyden muodostus ja lopetus) käyttää yleensä RTP- ja UDP-protokollien (User Datagram Protocol) yhdistelmää kuljetusmedianana, mutta myös TCP-protokollan (Transmission Control Protocol) käyttö on mahdollista.
- Taso 3: IP-protokolla tarjoaa reitityksen ja verkkotason osoitteiston.
- Taso 2: Linkkitason protokollat kontrolloivat ja ohjaavat datan lähetystä fyysisen kerroksen yli. [Cisco Systems 2012a.]

### 3.1 Signaalointiprotokollat

#### 3.1.1 SIP

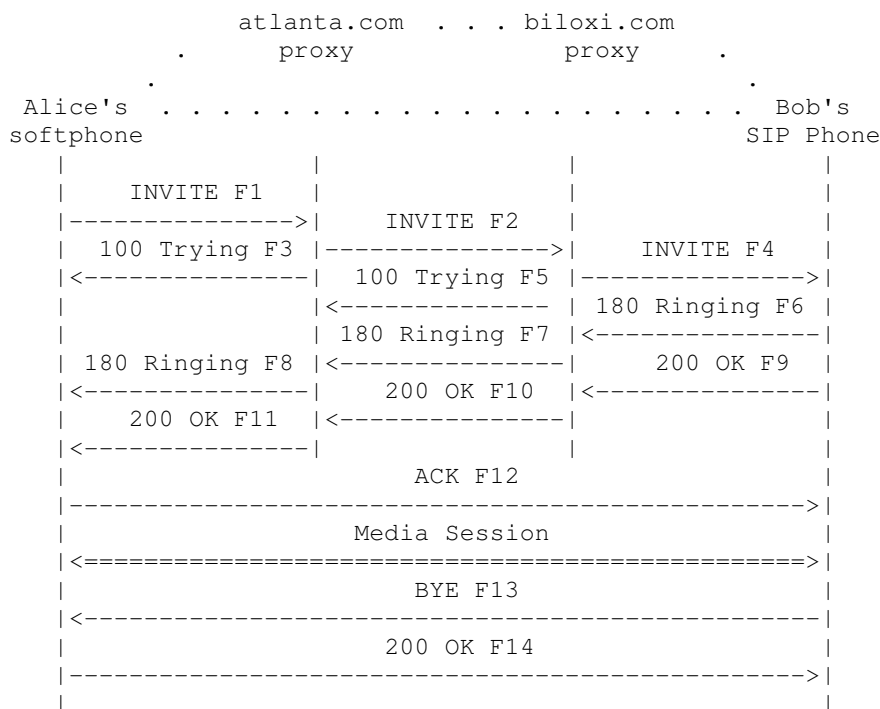
Session Initiation Protocol on IETF-organisaation (Internet Engineering Task Force) määrittelemä [IETF 2002] sovelluskerroksen signaalointiprotokolla IP-pohjaisten mediayhteyksien luomiseen, muokkaamiseen ja lopettamiseen. SIP pystyy tehokkaasti ja joustavasti paikantamaan resursseja perustuen paikasta riippumattomaan tunnistamiseen ja neuvottelemaan istunnon ominaisuudet. Sitä voidaan käyttää kaikissa UC-ratkaisuissa ja myös internetlaitteiden kontrolloimiseen. SIP tarjoaa laajemman valikoiman toiminnallisuuksia kuin vanhat puheluprotokollat, eikä se varaa resursseja tai muodosta piirikytkentää verkossa.

Nimensä mukaisesti SIP on tarkoitettu muodostamaan yhteyksiä kahden tai useamman käyttäjän välillä, jotka tunnistetaan URI-tunnisteen (Uniform Resource Identifier) avulla. URI on SIP:n tunniste, jota vaaditaan SIP-puheluiden soittamiseen, eli SIP URI on käyttäjän SIP-puhelinnumero. SIP URI muistuttaa sähköpostiosoitetta, esimerkiksi sip:alice@atlanta.com, missä alice on käyttäjänimi ja atlanta.com on palveluntarjoajan verkkotunnus, joka voi myös olla IP-osoitteen muodossa. Käyttäjät voivat käyttää samaa tunnistetta, lähes missä tahansa kommunikaatiovälineessään (älypuhelimet, tietokoneet, tabletit jne.) ja voivat myös tehdä tavoitettavuus- ja puhelinsiirtosääntöjä esimerkiksi kellonajan mukaan. SIP pohjautuu SMTP- (Simple Mail Transfer Protocol) ja

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) -protokollin ja on siten tekstipohjainen asiakas-palvelin -protokolla. Seuraavana on esimerkki INVITE-pyynnöstä, jonka soittaja (alice) lähettää.

```
INVITE sip:bob@biloxi.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.atlanta.com;branch=z9hG4bK776asdhds
Max-Forwards: 70
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>
From: Alice <sip:alice@atlanta.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.atlanta.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:alice@pc33.atlanta.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

Pyyntö sisältää useita kenttiä, jotka antavat lisätietoa viestistä, kuten puhelun yksilöivä tunniste (Call-ID), kohde (To), soittajan osoite/tunniste (From) sekä muuta informaatiota istunnon tyypistä. Kuvassa 4 on esitetty SIP-puhelu kokonaisuudessaan.

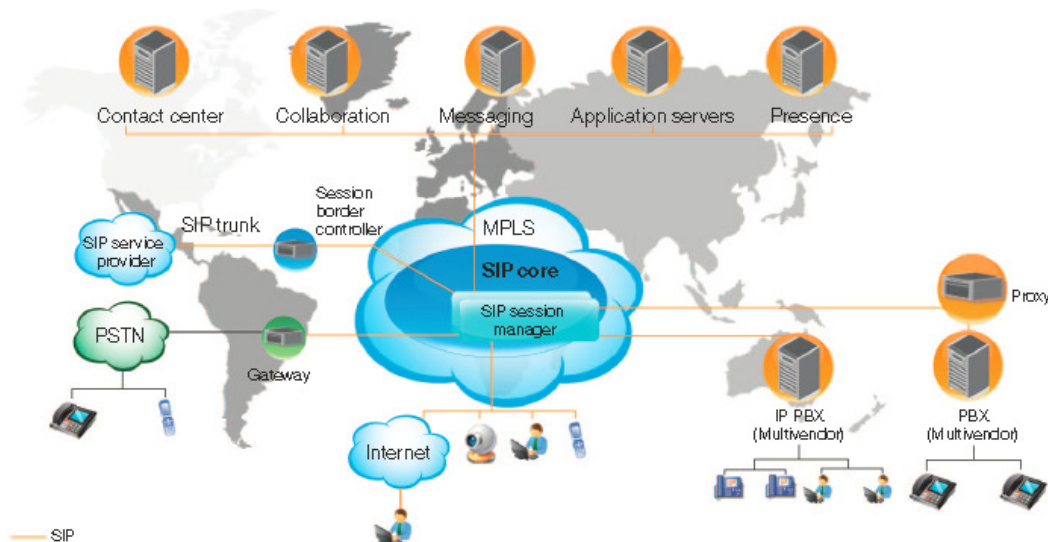


Kuva 4. Esimerkki SIP-puhelusta [IETF 2002].

SIP-yhteyden (kuva 4) muodostamiseen tarvitaan neljä loogista tahoa: käyttäjäliittymä (esim. Softphone tai neuvottelusovellus), rekisterit, välityspalvelimet (proxy) ja kääntö-

palvelimet (redirect). Käyttäjäliittymät aloittavat pyyntöjen lähetyksen ja ovat myös yleensä pyyntöjen kohteita. Rekisterit huolehtivat käyttäjätunnuksista tietyn verkkotunnuksen alla. Välityspalvelimet ovat sovelluskerroksen reitittäjiä, jotka välittävät SIP-pyyntöjä ja vastauksia. Kääntöpalvelimet vastaanottavat pyyntöjä ja palauttavat sitten toisen SIP-käyttäjäliittymän sijainnin tai palvelimen, josta käyttäjä voisi löytyä. Yleistä on, että välitys-, rekisteri- ja kääntöpalvelut on yhdistetty samaan laitteeseen. Tyypillisessä SIP-istunnossa, kuten kuvassa 4, pyynnöt kulkevat yhden tai useamman välityspalvelimen kautta ja päätyvät vastaanottajan käyttäjäliittymään. Käyttäjäliittymät voivat kommunikoida myös suoraan keskenään, mikä onkin yhteyden muodostuksen jälkeen normaali käytäntö (kuvassa pyynnöt F12-F14), sillä yleensä vain ensimmäinen pyyntö-vastaus -ketju kulkee välityspalvelinten kautta (kuvassa pyynnöt F1-F11).

Yleismalli SIP-protokollan käytöstä on esitetty kuvassa 5. SIP-ympäristön ydin on SIP session manager eli istuntoja hallinnoiva yksikkö, joka huolehtii reitityksestä ja välityksestä istuntokerroksella. Istunnon hallinnointiklustereita käytetään luomaan luotettavuutta ja korkeaa vikasietoisuutta SIP-ytimeen. Muita kuvassa esiintyviä laitteita ja tekniikoita esitellään myöhemmin tässä luvussa.



Kuva 5. UC-ympäristö SIP-protokollaa käyttäen [IBM Global Technology Services 2012].

SIP on ylivoimaisesti käytetyin UC-protokolla ja sitä hyödynnetään laajasti myös NGN-verkoissa (Next Generation Network) korvaamaan vanhoja protokollia. Tunnetuin NGN-verkkomalli on IMS (IP Multimedia System), jonka uskotaan syrjäyttävän vanhan PSTN-verkon lähitulevaisuudessa. IMS-arkkitehtuuri yhdistää (tele)operaattoreiden

kaikki IP- ja mobiiliverkot yhdeksi multimedia- ja telekommunikaatioverkoksi. [White & Clougherty 2008.]

### 3.1.2 H.323

Signalointiprotokolla H.323 on ITU-T:n (ITU Telecommunication Standardization Sector) kokoelmastandardi [ITU-T 2009], joka määrittelee multimediakommunikaatioprotokollan pakettikytkentäisille tietoverkoille, sekä järjestelmän hallintakäytännöt, mediakuvausvaukset ja puhelun signaloinnin. H.323 sisältää protokollia sarjoista H.2xx, H.4xx, ja H.5xx, joita käytetään muun muassa tietoturvaan, yhteyden hallintaan ja signalointiin. H.323-protokollaan kuuluvat myös koodekit äänelle (tärkeimpinä G.711, G.729(a) ja G.723.1), videolle (H.261, H.263, H.264) ja tekstille. Lisäksi H.323 sisältää useita muita protokollia ja standardeja (mm. Q.931 signalointiin).

H.323-järjestelmän komponentteihin kuuluvat käyttäjäliittymä, yhdyskäytävä, portinvartija ja monipisteohjainyksikkö (MCU, Multipoint control unit). Käyttäjäliittymä mahdollistaa kaksisuuntaisen reaaliaikaisen multimediaviestinnän, ja se voi olla esimerkiksi tietokone tai muu itsenäinen laite. Liittymän on vähintään tuettava ääniyhteyksiä. Lisäominaisuutena voi olla tuki video- tai dataviestintään. H.323 määrittelee käyttäjäliittymien toiminnot eri mediatyypeille. Yhteensopivuus ja toiminnot muiden protokollatyyppien ja tekniikoiden kanssa toteutetaan yhdyskäytävien avulla, jotka siis yhdistävät kaksi erilaista verkkoa toisiinsa. Portinvartijat huolehtivat muun muassa pääsynhallinnasta ja osoitteiden tulkitsemisesta. Monipisteohjainyksikkö puolestaan tarjoaa tuen usean henkilön neuvotteluun tai muihin yhteyksiin.

Vaikka H.323:sta pidetään yleensä vanhentuneena signalointiprotokollana, sitä kehitetään kuitenkin jatkuvasti ja sillä on erittäin hyvät yhteensopivuusominaisuudet uusien teknologioidenkin kanssa, mikä johtuu sen laajasta protokollavalikoimasta. H.323:n etuna on myös yhteensopivuus kaikkien H.32X-sarjan protokollien kanssa, jotka toimivat muun muassa ISDN- (Integrated Services Digital Network) ja analogisessa POTS-verkossa (Plain Old Telephone Service).

### 3.1.3 MGCP ja SS7

Media Gateway Control Protocol [IETF 2003b] on IETF:n määrittelemän [IETF 2003b] protokollasignaalointiin ja yhteyden hallintaan. MGCP-protokollaa käytetään VoIP-verkoissa, jotka ovat yhteydessä PSTN-verkkoihin, ja se määrittelee kommunikointitoiminnot mediayhdyskäytävän ja sen ohjaimen välillä. Protokolla siis muuntaa PSTN-verkon audiosignaaleit IP-verkon paketeiksi. MGCP käyttää SDP-protokollaa mediavuon määrittelyyn ja neuvotteluun yhteyden aikana sekä RTP-protokollaa datan kehystämiseen.

Signaling System No. 7 [ITU-T 1993] on joukko puhelusignaalointiprotokollia, joita käytetään PSTN-verkoissa. Päätoimintoja ovat puhelun muodostus ja yhteyden lopetus, mutta lisäksi SS7-protokollaan kuuluu puhelunvälitys, laskutusmekanismeja, tekstiviesti- ja muita kuluttajamarkkinapalveluita. SS7 on määritetty tukemaan PSTN-, ISDN- ja mobiiliverkkoja, sekä toimintoja palvelunhallinnan yhteensopivuuteen ja verkonhallintaan.

### 3.2 SDP ja SAP

SDP (Session Description Protocol) on protokolla, jolla voidaan kuvata reaaliaikaisen median alustusparametreja. Sen määritelmä on julkaistu IETF-dokumenttina RFC 4566 [IETF 2006]. SIP-paketti (tai muu signaalointiprotokolla-paketti) sisältää yleensä SDP-kuvauksen, joka sisältää parametrit istunnon julkaisuun, kutsuun ja parametreista neuvottelemiseen. Esimerkiksi parametrit sisältävät istunnon nimen ja tarkoituksen, kais-tanleveysvaatimuksia, tietoja mediatyypistä (ääni, video jne.) ja istunnon ajoituksesta sekä yhteysosoitteet ja -portit. SDP ei siis kuljeta dataa vaan sitä käytetään parametreista sopimiseen yhteyden osapuolten välillä. Näiden parametrien joukkoa kutsutaan istuntoprofiiliksi. SDP on suunniteltu laajennettavaksi myös uusia mediatyyppejä ja muotoja varten.

Multicast-istuntojen julkaisuun käytetään SAP-protokollaa (Session Announcement Protocol), jonka IETF on määritellyt [IETF 2000] kokeelliseksi protokollaksi. SAP-protokollaa käytetään myös istuntojen parametrien neuvottelemiseen. Osapuolet määrittävät parametrit lähettämällä ajoittain SAP multicast-paketteja, jotka sisältävät SDP-kuvauksen istunnosta.

### 3.3 RTP ja RTCP

Real-time Transport Protocol toimii yhdessä signaalintiprotokollan (esimerkiksi SIP) kanssa, ja se on suunniteltu kuljettamaan reaaliaikaista ääntä ja kuvaa IP-verkoissa. Signaalintiprotokolla, kuten SIP, vain alustaa yhteyden, ja RTP huolehtii varsinaisesta tiedonsiirrosta. RTP-protokollan on määritellyt IETF [IETF 2003a], ja viimeisin päivitys on vuodelta 2003. Reaaliaikaisen datavuon kuljettaminen vaatii protokollalta seuraavia ominaisuuksia [Schulzrinne & Rosenberg 1999.]:

- pakettien järjestäminen
- pakettien ajoitus yhden lähetyksen sisällä
- pakettien ajoitus eri lähetyksien kesken
- datatyypin tunnistaminen
- kehystunnistus
- paketin lähteen tunnistus.

RTP tarjoaa nämä ominaisuudet yhdessä RTCP-protokollan (Real-time Control Protocol) kanssa OSI-mallin istuntokerroksella. RTP-protokollan huolehtiessa mediavuon kuljetuksesta RTCP valvoo lähetystilastoja ja lähetyksen laatua (QoS, Quality of Service) sekä auttaa tahdistamaan useita lähetysvirtoja keskenään ja tarjoaa istunnon hallinnan. Yleensä RTP toimii UDP-protokollan päällä, muttei sen käyttöä ole rajoitettu vain tähän, sillä RTP- ja RTCP-protokollat on suunniteltu toimimaan riippumatta verko- ja kuljetuskerroksen protokollista.

### 3.4 RTSP

Real Time Streaming Protocol [IETF 1998] on sovellustason protokolla reaaliaikaisen datan lähetyksen hallintaan. RTSP tarjoaa joustavan rakenteen kontrolloidun ja tosiaikaisen datan lähetykseen. Lähetettävä data voi olla suoraa lähetystä tai tallennettuja otteita. RTSP on tarkoitettu usean datavuon hallintaan, kuljetusprotokollan valintaan ja tarjoamaan toimintoja, joilla valitaan RTP-protokollaan perustuvia lähetysmekanismeja.

RTSP muodostaa ja kontrolloi joko yhden tai useamman aika-synkronoidun jatkuvan tietovuon, kuten ääni- tai videovuon. Se ei tyypillisesti kuljeta tietovirtaa itse, vaan käyt-

tää tähän esimerkiksi RTP-protokollaa, vaikkakin media- ja kontrollivuo voivat myös limittyä. Toisin sanoen RTSP on kuin verkon kaukosäädin multimediapalvelimille.

### 3.5 XMPP

Extensible Messaging and Presence Protocol [IETF 2004] on tarkoitettu Extensible Markup Language -elementtien (XML) lähettämiseen kahden pisteen välillä, lähes reaaliaikaisesti. XMPP-protokollaa käytetään yleensä pikaviesti- ja läsnäoloapplikaatioissa, vaikka se pystyy myös tarjoamaan yleistetyn ja laajennettavan rakenteen XML-tiedon lähetykseen.

XMPP on avoin protokolla, jonka perussyntaksi ja käsitteet ovat kehittyneet Jabber-yhteisössä jo vuonna 1999, minkä vuoksi XMPP:tä kutsutaan myös Jabberiksi. Vaikka XMPP-protokollalle ei ole määritetty tiettyä verkkoarkkitehtuuria, se toteutetaan yleensä asiakas-palvelin-mallilla. Tässä arkkitehtuurissa asiakas käyttää palvelinyhteyteen XMPP-protokollaa TCP:n yli, ja palvelinten väliset yhteydet muodostuvat myös TCP-protokollan avulla.

### 3.6 MPLS

Paketin matkatessa yhteydettömässä verkossa reitittimeltä toiselle jokainen reititin tekee itsenäisesti reitinvalinnan. Jokainen reititin analysoi paketin otsikon ja ajaa reititysalgoritmin sekä valitsee näiden perusteella reitin, jolle se paketin ohjaa. Paketin otsikkokentät sisältävät huomattavasti enemmän tietoa kuin reitityspäätökseen tarvitaan. Reitityspäätös jaetaan kahteen toimintoon, joista ensimmäinen jakaa pakettijoukon reititysekvivalenssiluokkiin eli FEC-luokkiin (Forwarding Equivalence Class) ja toinen merkitsee jokaisen FEC:n reittiin. Samaan FEC-luokkaan yhdistettyjä paketteja ei voi erottaa toisistaan, joten kaikki paketit, joiden FEC ja lähde ovat samat, reitittyvät samalla tavalla. Perinteinen IP-reititys toimii siten, että reititin tulkitsee kahden paketin kuuluvan samaan FEC-luokkaan, jos niiden kohdeverkko-osoitteet vastaavat yhtä montaa bittiä jonkin reititintaulusta löytyvän verkko-osoitteen kanssa. Jokainen reititin suorittaa oman FEC-luokituksensa paketeille.

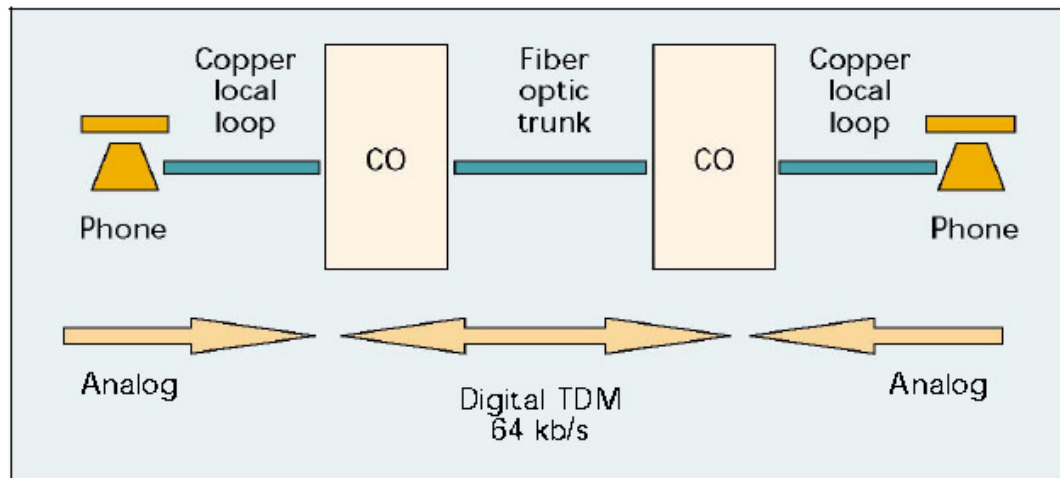
Multiprotocol Label Switching (MPLS) puolestaan ei suorita FEC-luokitusta joka reititimellä, vaan luokitus tehdään ainoastaan kerran, kun paketti saapuu verkkoon. FEC, johon paketti on yhdistetty, koodataan lyhyeksi vakiopituiseksi arvoksi, jota kutsutaan tunnukseksi (label). Tunnus liitetään pakettiin ennen sen eteenpäin lähetystä. Reitin varrella olevat reitittimet eivät tutki paketin verkkokerroksen otsikkoa vaan käyttävät MPLS-tunnusta osoitinarvona taulukkoon, joka määrittelee reitin ja uuden tunnuksen. Vanha tunnus korvataan uudella ja paketti lähetetään eteenpäin. [IETF 2001.]

MPLS antaa operaattoreille mahdollisuuden tarjota useita tekniikoita ja palveluja (esim. VPN ja vuonhallinta), ja se onkin varsin yleinen tekniikka nykyajan telekommunikatioverkoissa. VoIP-verkoille tärkeä MPLS:n ominaisuus on tuki liikenteen priorisointiin ja vuon kontrollointiin. MPLS on myös riippumaton verkkoprotokollista ja se tukee useita linkkikerroksen tekniikoita, mistä johtuen MPLS:n sanotaankin olevan OSI-mallin 2,5-kerroksen protokolla. [Cisco Systems 2003.]

### 3.7 POTS ja VoIP

POTS eli Plain old telephone service pohjautuu alkuperäiseen ja perinteiseen puhelinjärjestelmään ja on nykyään sekoitus vanhaa ja uutta. Kuvassa 6 on esitetty yksinkertaistettu yhteys, jossa loppukäyttäjäpuhelimet tyypillisesti käyttävät analogisen äänisignaalin lähettämiseen kupariparikaapelia, kun taas keskukset (CO) on kytketty toisiinsa kuituyhteyksillä. Keskusyhteydet muodostavat POTS:n runkoverkon, joka on toteutettu aikavälipohjaista (TDM, Time Division Multiplexing) ja piirikytkentäistä tekniikkaa käyttäen. Näiden tekniikoiden johdosta POTS on varsin luotettava, mutta kankea. [Scheets ym. 2004.] Nykyisin POTS-järjestelmä on osa PSTN-verkkoa, joka käsittää kaikki maailman piirikytkentäiset puhelinverkot satelliittiyhteyksistä tavallisiin puhelinlinjoihin.



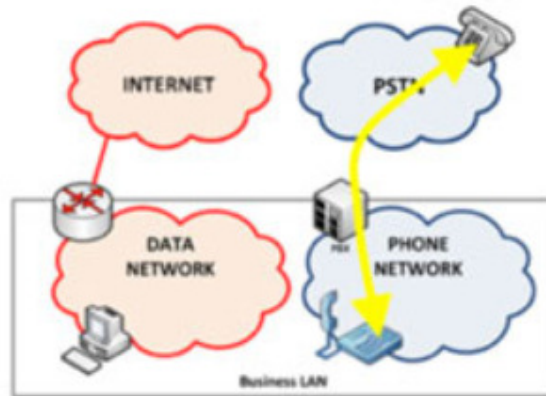


Kuva 6. Tyypillinen POTS-yhteys [Scheets ym. 2004].

Voice over IP -järjestelmän suurin ero verrattuna POTS-tekniikkaan on runkoverkon resurssien allokointi, jossa puhelulle ei varata etukäteen dedikoitua linjaa. Sen sijaan äänipaketeille varataan tarpeen mukaan kaistaa pakettikohtaisesti, ja paketit voivat kulkea eri reittejä, mikä aiheuttaa viivettä ja pakettien alkuperäisen järjestyksen muuttumista. Edellä mainittuja ongelmia voidaan kuitenkin lievittää erilaisilla tekniikoilla, kuten puskurit ja vuonhallinta. [Scheets ym. 2004.] Vaikka VoIP on monimutkaisempi kuin POTS, se on joustavuuden ja edullisemman hintansa ansiosta nykyään laajasti käytössä.

### 3.8 SIP-trunk

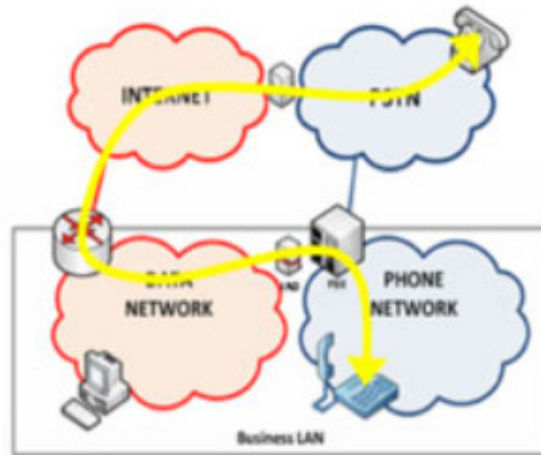
Perinteisessä mallissa puhelinjärjestelmä on kuvan 7 mukainen. Puhelinverkko koostuu ohjausjärjestelmästä ja tarjoaa tärkeimmät soitto-ominaisuudet. Yrityksen verkon ulkopuoliset puhelut kytkeytyvät PSTN-verkkoon analogisia tai piirikytkentäisiä linjoja pitkin. Datalle on oma erillinen verkkonsa. [Broadvox 2012.]



Kuva 7. Perinteinen puhelunohjaus [Broadvox 2012].

SIP-trunk on palvelu, joka mahdollistaa VoIP-puhelut yrityksen ulkopuolelle. Tällöin voidaan tavallisista PSTN-linjoista luopua kokonaan tai lähes kokonaan. SIP-trunk-palveluihin kuuluvat yleensä paikallis- ja kaukopuhelut, hätäpuhelut, hakemistot ja soit-tajan tunnistus, jotka voidaan yhdistää yrityksen vanhaan järjestelmään. SIP-trunk -yhteyden avulla perinteisiä puhelinlinjoja ei tarvita, sillä ääni, video ja data voidaan yh-distä samaan linjaan. Kuvassa 8 on esitetty SIP-trunk -yhteyden toiminta. Järjestelmä koostuu kolmesta pääkomponentista:

- *IP-pohjainen puhelinjärjestelmä*, hoitaa sisäisen IP-verkon liikenteen ja reitit-tää paikalliset VoIP-puhelut ja mahdollistaa ulkoisten puhelinlinjojen jakami-sen käyttäjien kesken. Järjestelmä pystyy myös yhdistämään puhelut VoIP-puhelimen ja perinteisen puhelimen sekä puhelut perinteisten puhelimen välillä.
- *Internetpuhelu-operaattori*, luo yhteyden PSTN:n ja IP-verkon (mobiilit ja kiinteät laitteet) välillä sekä huolehtii normaaleista datayhteyksistä.
- *Reunaelementti*, mahdollistaa yhteyden yrityksen IP-verkon, PSTN:n ja ul-kaisen IP-verkon välillä. Reunaelementti voi olla esimerkiksi SIP-ominaisuuksia tukeva palomuri tai kytkin, joka siirtää puhelut PSTN-verkkoon ja sieltä sisäverkkoon. Näitä laitteita hallinnoivat yleensä palvelun-tarjoajat. [Ziff Davis 2012]

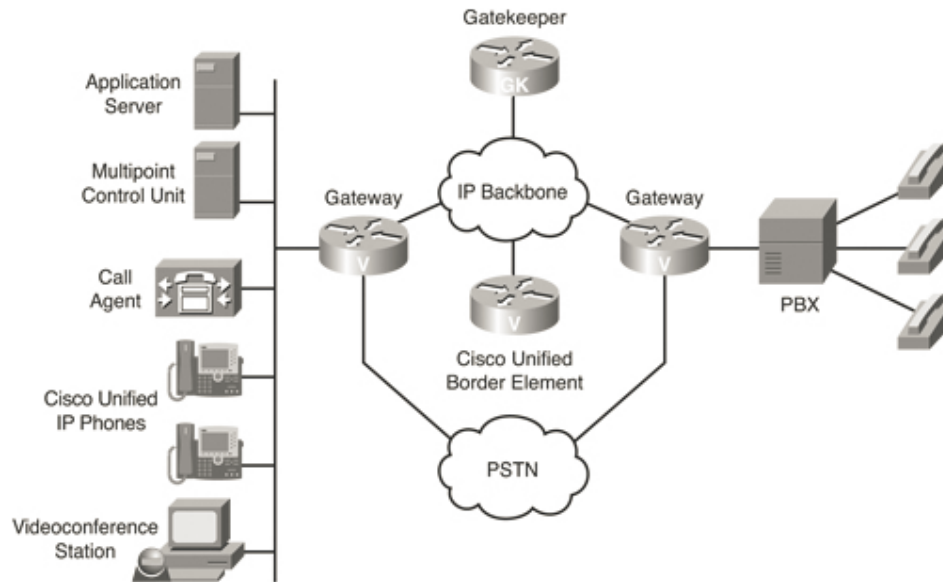


Kuva 8. Puhelunohjaus SIP-trunk -yhteydessä [Broadvox 2012].

Yritykset saavat SIP-trunk-palvelusta erityisesti kustannushyötyä, sillä niiden ei tarvitse hankkia kalliita laitteita aikavälipohjaisia yhteyksiä (esimerkiksi ISDN) varten tai laitteita VoIP:n ja PSTN:n yhteen sovittamiseen. Lisäksi säästöjä kertyy kuukausimaksuista, sillä tarvitaan vain yksi linja datalle ja äänelle. Myös kaukopuhelut maksavat huomattavasti vähemmän kuin ennen, sillä puhelu kulkee IP-verkoissa hyvin suuren osan matkastaan. [Ziff Davis 2012.]

### 3.9 UC-verkon laitteita

Tässä luvussa esitellään yleisellä tasolla yhdistetyn viestinnän verkoissa tarvittavia laitteita ja toiminnallisuuksia. Varsinaisissa reaaliaikaisen toteutuksissa yksi laite voi sisältää useita toiminnallisuksia ja hoitaa monia tehtäviä. Kuvassa 9 on Ciscon näkemys VoIP-verkosta, jossa esiintyvistä laitteista esittelemme tässä luvussa tärkeimmät ja yleisimmät.



Kuva 9. VoIP-verkon komponentteja [Cisco Systems 2012b].

### 3.9.1 PBX

Perinteinen Private Branch Exchange on puhelinjärjestelmä, joka ohjaa yrityksen työntekijöiden puheluita ulos- ja sisäänpäin. PBX on kytketty julkiseen puhelinverkkoon (PSTN), ja se reitittää automaattisesti sisään tulevat puhelut oikeisiin alanumeroihinsa. Puhelinjärjestelmään kuuluu useita ulko- ja sisälinjoja, joita se ohjaa, sekä palvelin, joka hallinnoi puhelun kytkemistä ja reititystä. Lisäksi järjestelmässä on myös konsoli manuaalista hallintaa varten.

IP-PBX hoitaa samoja tehtäviä kuin perinteinen PBX, mutta se on kehitetty kytkemään sekä VoIP että tavallisen lankaverkon puhelut. Vanha PBX tarvitsee kaksi erillistä verkkoa datalla ja äänelle, kun taas IP-PBX toimii pelkässä IP-verkossa. IP-PBX voidaan toteuttaa myös ohjelmistolla, joten varsinaista laitteistoa ei välttämättä enää yritykselle tarvita. [Cisco Systems 2012b.]

### 3.9.2 Portinvartija

Portinvartija (Gatekeeper) tarjoaa yhteyden hallintaan liittyviä palveluita, joita ovat pääsynhallinta, kaistanleveyden kontrollointi ja osoitteen tulkinta. Pääsynhallintapalvelu määrittää loppukäyttäjien pääsyn verkkoon. Portinvartija seuraa loppukäyttäjien rekiste-

röimiä kaistavaatimuksia ja näiden muuttuessa jakaa kaistaa uudelleen. Puhelut voivat tulla VoIP-verkon ulkopuolelta, jolloin portinhaltijan on määritettävä puhelinnumeroa vastaava verkko-osoite, joka verkon loppukäyttäjällä on. Osoitteen tulkintaa varten portinvartija pitää yllä käännöstaulua, jota se päivittää loppukäyttäjien rekisteröitymisviestien avulla. Portinvartijan palveluita käyttävät sen oman alueen sisällä sijaitsevat laitteet, kuten yhdyskäytävät ja käyttäjäliittymät. [Cisco Systems 2012b.]

### 3.9.3 Yhdyskäytävä ja SBC

Verkon yhdyskäytävä (Gateway) mahdollistaa yhteydet VoIP-verkon ja julkisen puhelinverkon välillä. Yhdyskäytävä myös mahdollistaa fyysiset yhteydet paikallisille analogisille ja digitaalisille laitteille, kuten puhelimille, fakseille ja PBX-järjestelmille. Hoitaessaan verkkojen välisiä yhteyksiä, yhdyskäytävä lopettaa ja uudelleen käynnistää signaalin (SIP tai H.323) sekä mediavirrat (RTP ja RTCP). Yhdyskäytävä ei ole protokollariippuvainen, joten se pystyy yhdistämään eri signaalointiprotokolliin perustuvia UC-verkkoja keskenään.

Session Border Controller on laite, joka tarjoaa VoIP-verkoille vahvempaa signaalin ja mediavuon hallintaa reaaliaikaisissa yhteyksissä. SBC tuo VoIP-istuntoihin tietoturva-, QoS- ja pääsynhallintaominaisuuksia. Tämä ohjain asennetaan yleensä verkkojen väliin ja voidaan yhdistää myös edellä mainittuun yhdyskäytävään. SBC voi sijaita eri palveluntarjoajien verkkojen, yrityksen ja palveluntarjoajan tai palveluntarjoajan ja kuluttajaverkon välillä. SBC voidaan ajatella toimivan VoIP-yhteyksien palomuurina. [VOIP-info.org 2012.]

### 3.9.4 Muut toiminnallisuudet

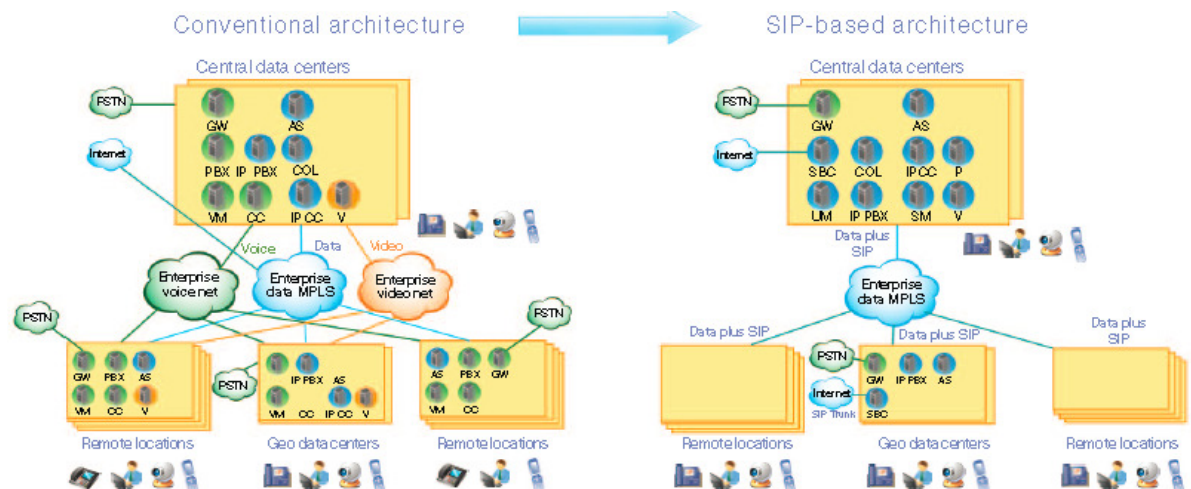
Kuten kuvassa 9, VoIP ja UC-verkoissa on joukko toiminnallisuuksia, jotka yleensä toteutetaan yhden laitteen tai ohjelmiston avulla. Multipoint Control Unit (MCU) tarjoaa reaaliaikaisen yhteyden usean puheluun tai neuvotteluun osallistujan välillä. Call agent (Media Gateway Controller, MGC tai call manager) kontrolloi puheluita, pääsynhallintaa, osoitteen tulkintaa ja kaistanleveyttä. Sovelluspalvelimet (Application Server), kuten SIP-palvelimet, tuottavat palveluita UC-toiminnoille, joita ovat muun muassa vastaajat, yhdistetty viestitys ja neuvottelut. [Cisco Systems 2012b.]

#### 4 Vaatimukset etätoimipisteelle

Pilvipalvelut ja yhdistetty viestintä aiheuttavat muutoksia ja tuovat mukanaan vaatimuksia yrityksen verkoille ja laitteille. Erityisesti käytettävyys, yhteyden laatu ja vikasietoisuus sekä tietoturva ovat keskeisiä huomionkohteita heti yhdistetyn viestinnän pilvipalvelun suunnitteluvaiheesta lähtien. Tässä luvussa keskitytään SIP-protokollaan ja VoIP-tekniikkaan.

Luvussa 4.1 kerrotaan erilaisista QoS-tekniikoista. Tietoturvaan keskitytään luvussa 4.2 ja luvussa 4.3 tutustutaan verkoille aiheutuviin vaatimuksiin ja muutoksiin sekä luvussa 4.4 vikasietoisuuteen. Luvun lopussa käsitellään puhelunohjausta ja lakien aiheuttamia rajoitteita sekä IPv6 (IP version 6) tuomia muutoksia.

Perustavanlaatuinen muutos tapahtuu verkkoarkkitehtuurissa, jossa siirrytään erillisistä mediaverkoista (Conventional) yhdistettyyn dataverkkoon (SIP-based). (kuva 10) Lisäksi jokaisella toimipisteellä on ollut omat viestintäjärjestelmänsä, eikä yhtenäisiä ominaisuuksia välttämättä ole löytynyt, mikä johtui aikaisemmista teknologiavaihtoehtoista. Erilliset järjestelmät voidaan nyt yhdistää muutamaa konesaliin ja yhteydet yrityksen ulkopuolelle voidaan hoitaa esimerkiksi trunk-linjojen avulla. Tämä mahdollistaa optimoidun viestinnän, ja keskitetty arkkitehtuuri luo pohjaa pilvipohjaisille ratkaisuille. [IBM Global Technology Services 2012.]



Kuva 10. Siirtyminen perinteisestä verkkoarkkitehtuurista uuteen [IBM Global Technology Services 2012].

## 4.1 Quality of Service

PSTN on asettanut huikean tason äänen laadulle, mikä on tärkein puhelinpalveluiden suorituksen mittari. Kun ensimmäiset VoIP-ratkaisut esiteltiin vuonna 1996, niiden äänenlaatu oli kaukana PSTN-puheluista. Ehkä suurimpana syynä huonoon laatuun on ollut alkuperäisten verkkojen suunnittelu, joka ei ole ottanut yhteyden laatua juurikaan huomioon. Vanhat IP-verkot on suunniteltu pääasiassa kuljettamaan dataa, ei reaaliaikaista ääntä tai kuvaa. IP-puheluiden tulevaisuuden kannalta QoS-ratkaisut ja niiden kehittyminen ovatkin ensiarvoisen tärkeitä. QoS koostuu seuraavista elementeistä: kaistanleveydestä, viiveestä ja viiveen vaihtelusta sekä pakettien häviöstä. [Bross & Meinel 2008.] Äänen laatuun vaikuttaa myös valittu koodekki, josta kerrotaan luvussa 4.1.1. SIP-protokollan QoS-tekniikkaa käsitellään luvussa 4.1.2.

Pakettikytkentäisessä verkossa kaistanleveys jaetaan kaikkien käyttäjien kesken toisin kuin piirikytkentäisessä verkossa, jossa jokaiselle puhelulle varataan oma 64 kBit/s-kaista. Hyvin usein pakettikytkentäisessä verkossa kaistaa ei ole yhtä paljon tarjolla kaikissa sen osissa, ja vapaan kaistan määrä vaihtelee myös ajan funktiona. On olemassa kolme tapaa, joiden avulla voidaan tarjota koko ajan riittävä kaistanleveys. Ensimmäinen ja helpoin ratkaisu on ylimitoittaa verkko ja siten myös kaistanleveys, mutta huonona puolena on kustannusten nopea kasvu. Toinen mahdollisuus on kaistan varaaminen ja liikenteen priorisointi. Kaistaa voidaan tällöin varata prioriteettiluokan mukaan, ja prioriteettiluokka määräytyy luokittelun perusteella. Esimerkiksi IP-paketissa on Type of Service -kenttä, jonka arvoa muuttamalla paketti voidaan priorisoida korkeammalle muuhun liikenteeseen verrattuna. Perusvaatimuksena on, että verkkolaitteet tukevat edellä mainittua priorisointia. Yleensä tämä ominaisuus on toteutettu käyttämällä jonotekniikoita, joissa vaaditun laatuksen mukaan paketit ohjataan prioriteetin mukaisesti jonoihin, joita palvellaan tietyn kaavan tai painotuksen mukaan. Yleisesti käytettyjä protokollia resurssien varaamiseen ovat Resource Reservation protocol (RSVP) ja Integrated Services (IntServ). RSVP perustuu lähettäjän ja vastaanottajan väliseen signaalointiin, joka varaa tarvittavat resurssit matkan varrelta. IntServ täydentää RSVP-protokollaa verkkoresurssien pääsynhallintatoiminnoilla. Laajimman hyväksynnän on kuitenkin saanut kolmas protokolla Differentiated Services (DiffServ), jonka on kehittänyt IETF. Tämä protokolla mahdollistaa nopean ja luotettavan priorisoidun liikenteen lähetyksen, kunhan se ei ylitä sille annettua kaistanleveyttä. Kolmantena kaistanleveysongelmaan apua tuo liikenteen ohjaus. Edellisessä luvussa esitelty MPLS-reititys tarjoaa mahdollisuuden verkonylläpitäjille hallita ja ohjata tietovuota. Optimaalinen kaistan-

leveys voidaankin saavuttaa yhdistämällä Diffserv-protokolla MPLS-reititykseen. [Bross & Meinel 2008.]

Viiveellä tarkoitetaan aikaa, joka bitiltä kuluu matkaan lähteestä kohteeseen. Viiveen vaihtelu taas ilmaisee bittien matka-ajan vaihtelua. Mitä korkeampia arvoja viive ja sen vaihtelu saavat, sitä enemmän syntyy vääristymiä, kaikuja ja katkoksia, jolloin puheyhteyden laatu huononee. Erityisesti viiveen ylittäessä 150 ms yhteys heikkenee selvästi, minkä vuoksi verkko täytyisi suunnitella siten, että viive pysyisi selvästi tätä pienemmissä arvoissa. Piirikytkentäisessä verkossa viive on vain noin 10 ms, mutta pakettikytkentäisissä verkoissa viive on selkeä ongelma. Viive voidaan jakaa kolmeen osaluokkaan, joita ovat lähetysviive (mm. signaalin prosessointi), verkkoviive (mm. reititys) ja vastaanottoviive (mm. puskurointi ja signaalin purkaminen). [Bross & Meinel 2008.]

Pakettien katoaminen on normaalia IP-verkoissa ja on yleensä seurausta kahdesta syystä. Ensimmäinen syy ovat tukkeutuneet verkot, jolloin puskurit täyttyvät ja paketteja hylätään. Pakettikytkentäisissä verkoissa käytetään myös puuttuvien datapakettien uudelleenlähetystä, mikä lisää osaltaan liikennettä. Reaaliaikaiselle äänelle ei voida käyttää kadonneiden pakettien uudelleenlähetystä, mutta esimerkiksi DiffServ-tekniikkaa voidaan käyttää vuonhallintaan, jolloin takaamalla tietty kaista äänipaketeille, viive ja pakettihäviö pienenevät. Toinen syy pakettien katoamiseen on suuri viive, jolloin paketit saapuvat kohteeseen niin myöhään, että puskuriaika on kulunut loppuun ja ne hylätään. Yksi ratkaisu on tietenkin kasvattaa puskuareita, jolloin viiveellä ei ole juuri vaikutusta, mutta se veisi turhaan reitittimen suorituskykyä ja saattaisi itsessään aiheuttaa viivettä vastaanottajalle, kun pakettia odotettaisiin turhan kauan. Jo 5 – 10 prosentin äänipakettien häviö huonontaa merkittävästi yhteyden laatua, joten verkkojen suunnittelussa pitäisi tähdätä selvästi alle 5 prosentin häviöön. Kolmas syy pakettien katoamiseen on erilaisten häiriöiden aiheuttama pakettien korruptoituminen. Puhelun laatua voidaan parantaa piilottamalla tai uudelleen rakentamalla kadonneet paketit. Nämä keinot vaativat kuitenkin lisää prosessointitehoa ja muistia, mikä voi johtaa jopa viiveen kasvuun, eivätkä ne siten palvele alkuperäistä tarkoitustaan. [Bross & Meinel 2008.]

#### 4.1.1 Koodekit

Koodekki on laite tai ohjelma, joka pakkaa tai purkaa digitaalista dataa tai signaalia, ja se voi toimia analogisesti tai digitaalisesti. Koodekki koodaa ja pakkaa äänisignaalin,



jolloin signaali tarvitsee pienemmän kaistanleveyden ja kuluttaa vähemmän tallennustilaa. Vastaanottajan koodekki puolestaan purkaa signaalin ja palauttaa siten signaalin takaisin alkuperäiseen muotoonsa tai riittävän lähelle sitä. Koodekkeja käytetään erityisesti WAN-linkeissä (Wide Area Network) datavuon pakkaamiseen ja purkamiseen, sillä näiden linkkien kuormitus on usein suuri. Erityisesti hitaissa sarjalinkeissä koodekit ovat tärkeässä roolissa takaamaan verkon luotettavuuden ja kaistan riittävyys. ITU-T on standardoidut koodekit ja erityisesti G-sarjan koodekit ovat suosittuja VoIP-ratkaisuissa. Taulukossa 3 esitellään suosituimpien koodekkien ominaisuuksia. [Wallace 2011.]

Taulukko 3. Koodekkien ominaisuuksia. (Mukailtu lähteestä [Scheets ym. 2004].)

Koodekki	G.711	G.723	G.726	G.729
Nopeus (kb/s)	64	5,3 - 6,3	32	8
Kehyksen koko (ms)	0,125	30	0,250	10
Algoritmi	PCM	MPC-MLQ	ADPCM	CS-ACELP
Prosessointiviive (ms)	0,125	30	0,250	10
Hyötykuorma (tavu)	1	20 - 24	1	10
Laatu	Hyvä	Hyvä/kohtalainen	Hyvä	Hyvä
Kompleksisuus	Alhaisin	Korkein	Alhainen	Korkea

G.711-koodekki on kansainvälinen standardi julkisessa puhelinverkossa, ja se käyttää 64 kb/s -kaistaa. Koodekin algoritmi on PCM (Pulse Code Modulation), joka tuottaa 8 bitin näytteitä äänisignaalista, mutta ei pakkaa signaalia. G.711:n etuna on, että käsiteltyä signaalia ei erikseen tarvitse muuttaa IP-verkosta PSTN-verkkoon siirryttäessä tai signaalin kulkiessa PBX:n kautta. G.711-koodekkia on hyvin laajasti käytössä telekommunikaatiossa, koska se myös parantaa signaalin kohinasuhdetta kasvattamatta datan määrää. G.711-standardista on kaksi alamuotoa mu-law ja a-law, joista ensimmäistä käytetään Pohjois-Amerikassa ja Japanissa, ja jälkimmäistä Euroopassa sekä muualla maailmassa. [Wallace 2011.]

G.723-koodekki käyttää kaksinopeuksista koodausta multimediatelekommunikaatiossa. Tätä pakkausmenetelmää voidaan käyttää äänisignaaleille hyvin alhaisissa datanopeuksissa. Signaalinäytteen koko on 16 bittiä. Koodekin kaksi nopeutta ovat 5,3 kb/s, joka käyttää 20 tavun kehyksiä ja ACELP-algoritmia (Algebraic code-excited linear prediction) ja 6,3 kb/s, jonka kehys on 24 tavua ja algoritmina MPC-MLQ (Multipulse LPC with Maximum Likelihood Quantization). Korkeampi nopeus perustuu ML-MLQ-tekniikkaan

ja parantaa jonkin verran äänen laatua. Alemman nopeuden CELP taas tarjoaa joustavuutta järjestelmäsuunnitteluun. [Wallace 2011.]

G.726 perustuu ADPCM-koodaukseen (Adaptive Differential Pulse-Code Modulation) ja sitä voidaan käyttää useilla eri nopeuksilla (16, 24, 32 ja 40 kb/s). Koodekkia voidaan käyttää PSTN- ja PBX-verkkojen kanssa, jos ADPCM on tuettu. G.726-koodekin signaalinäytteet ovat nopeuksia vastaavasti 5, 4, 3, ja 2 bittiä. [Wallace 2011.]

G.729 käyttää CS-ACELP-pakkausta (Algebraic Code Excited Linear Prediction), jonka nopeus on 8 kb/s. G.729-koodekista on useita laajennoksia, mutta suosituin on G.729a-versio, joka on yleisesti käytössä. A-laajennos vaatii vähemmän laskentatehoa, mutta kompleksisuuden vähentäminen aiheuttaa myös lievää äänen laadun huononemista. [Wallace 2011.]

Edellä mainittuja koodekkeja voidaan vertailla useilla eri tavoilla. Yksi yleisesti käytetty arvoasteikko on MOS eli Mean opinion score, joka mittaa äänen laatua. MOS-arvo muodostetaan kuuntelijoiden antamien pisteiden perusteella, asteikolla 1 – 5, joista 5 on paras mahdollinen. MOS-arviointi on siis hyvin subjektiivinen ja kuuntelut on suoritettu parhaissa mahdollisissa olosuhteissa – ei pakettihäviötä, viivettä tai viiveen vaihtelua. Edellä esiteltujen koodekkien MOS-arvot ovat taulukossa 4. [Wallace 2011.]

Taulukko 4. Yleisimpien koodekkien MOS-arvot. (Mukailtu lähteestä [Wallace 2011.]

Koodekki	Kaistanleveys (kb/s)	MOS
G.711	64	4,3
G.723-6,3	6,3	3,7
G.726-32	32	3,8
G.729	8	3,92
G.729a	8	3,7

Koodekkien vaikutus äänen laatuun on hyvin selkeä, kuten taulukossa 4 olevista arvoista voidaan havaita. Esimerkiksi G.711:n ja G.726-32:n ero on 0,6 yksikköä, vaikka niiden varaamassa kaistanleveydessä ei ole suurta eroa. Toisaalta G.729 pystyy kahdeksasosan kaistanleveydellään lähes samaan kuin G.711. Taulukossa 5 on vertailtu juuri näitä kahta suosituinta koodekkia ja varatun kaistanleveyden ero on todella suuri, G.729:n eduksi. Taulukosta voidaan myös havaita, että mitä suurempi on paketoitua-

ka ja näytteenkoko, sitä suurempi on paketti. Tällöin tarvitsee lähettää vähemmän paketteja, mikä vähentää tarvittavaa kaistaa.

Taulukko 5. Paketin lisäkuorman vaikutus vaadittuun kaistanleveyteen. (Mukailtu lähteestä [Wallace 2011.]

Koodekki	Paketointiaika	Hyötykuorma	Pakettia/s	Tason 3 kaistanleveys/puhelu
G.711	20 ms	160 tavua	50	80 kb/s
G.711	30 ms	240 tavua	33	74 kb/s
G.729	20 ms	20 tavua	50	24 kb/s
G.729	30 ms	30 tavua	33	19 kb/s

Edellä esiteltujen perinteisten koodekkien lisäksi on viime vuosina kehitetty useita HD-ääni -koodekkeja, joista vanhin on jo vuonna 1988 kehitetty G.722. Verrattuna G.711-koodekkiin sen nopeus on kaksinkertainen, minkä ansiosta äänen laatu ja selkeys ovat huomattavasti paremmat kuin analogisen POTS-verkon puheluissa. Hyödyntäen uuden tietotekniikan parempaa laskentatehoa, G.722 tarjoaa samalla 64 kBit/s-kaistalla kaksi kertaa paremman laadun, koska HD-koodekit käyttävät paljon suurempaa näytteenot-totaajuutta. Tämä koodekki on nykyään tuettu lähes kaikissa VoIP-pöytäpuhelimissa valmistajasta riippumatta. AMR-WB (Adaptive Multi-Rate Wideband), joka tunnetaan myös G.722.2-koodekkina, on uusi versio edellä mainitusta G.722-koodekista. Nimensä mukaisesti sen vaatima kaistanleveys on pienempi, mutta laatu on pyritty säilyttämään edeltäjänsä tasolla. G.722.2-koodekki voi käyttää yhdeksää eri nopeutta, mutta ainoastaan suurin eli 24 kBit/s vastaa G.722-koodekin äänen laatua. [Google 2012; Voip Supply 2012.]

SILK on Skype:n käyttämä äänikoodekki, joka on optimoitu erityisesti reaaliaikaiseen kommunikointiin internetissä. SILK on adaptiivinen koodekki, joka tukee useita kaistanleveyksiä ja mukautuu valitseviin verkko-olosuhteisiin reaaliaikaisesti. Hitaammille yhteyksille 6 kBit/s -nopeudesta ylöspäin, ja 40 kBit/s antaa parhaan äänenlaadun suorituskykyisimmissä verkoissa. iSAC (internet Speech Audio Codec) on vahva, adaptiivinen HD-koodekki, jota käytetään yleisesti eri valmistajien VoIP-käyttäjiliittymissä. Sen nopeus vaihtelee 10 ja 52 kBit/s välillä ja sen kompleksisuus on samaa tasoa G.722.2-koodekin kanssa. [Google 2012; Voip Supply 2012.]

Useilla valmistajilla on lisäksi useita omia äänikoodekkeja, joita tukevat vain saman valmistajan laitteet. Esimerkiksi Microsoftilla on adaptiivinen RTAudio-koodekki ja Polycom käyttää ratkaisuisaan Siren-koodekkiperhettä. [Google 2012; Voip Supply 2012]

#### 4.1.2 SIP QoS

SIP-pohjaiset kommunikointijärjestelmät on suunniteltu tarjoamaan paremman tai yhtä hyvän äänen laadun kuin vastaavat aikaväli-pohjaiset (TDM) ratkaisut. Tämä ei kuitenkaan toteudu käytännössä, jos käytössä on perinteisiä äänikoodekkeja, sillä ainoastaan HD-koodekit pystyvät nykytekniikalla todella haastamaan TDM-tekniikat äänenlaadussa. SIP-standardi määrittelee selkeän eron varsinaisen datan ja signaalointiliikenteen välille. SIP-välityspalvelimet hoitavat signaaloinnin ja data kulkee suorinta reittiä yhteyden osapuolien välillä, mikä parantaa osaltaan yhteyden laatua. Välityspalvelin-pohjaisessa SIP-arkkitehtuurissa käyttäjäliittymät neuvottelevat parhaan mahdollisen koodekin, kun puhelu alustetaan. Yleensä koodekkimuunnosta ei tarvita, kun yhteys ei kulje tarpeettomien järjestelmien kautta ja ääni matkaa siis suorinta mahdollista reittiä. Tämä on tärkeä ominaisuus LAN-yhteyksissä (Local Area Network) ja erityisesti monitoimipistete-ratkaisuissa, joissa SIP-palvelin tarjoaa palvelua jokaiselle toimipisteelle. [Steinmann 2007.]

Kun laitteet kommunikoivat keskenään ja neuvottelevat koodekeista, uudet koodekit tulevat käyttöön järjestelmään sellaisina, kuin laitteet ne määrittivät. Mitään muutoksia tai päivityksiä ei tarvita IP-PBX-puhelinjärjestelmään, eikä mitään rajoitteita aseteta tiettyä koodekkia käyttävien puheluiden määrälle, sillä varsinaisen datan ei tarvitse kulkea IP-PBX:n kautta. SIP myös varmistaa, ettei synny yhdestä laitteesta johtuvaa verkonvikatilannetta. Kuten esimerkiksi, jos IP-PBX -ohjain kaatuu, jo käynnissä olevat puhelut pysyvät toiminnassa normaalisti. [Steinmann 2007.]

#### 4.2 Tietoturva

Yhdistetty viestintä ja pilvipalvelut asettavat uusia haasteita myös yritysten tietoturvan osalta. Toisaalta tietoturva voidaan kokea jopa liian suurena riskinä, vaikka yrityksen järjestelmät ja tiedot voidaan turvata hyvällä suunnittelulla ja tietoturvan parhaita käytäntöjä noudattaen.

VoIP- ja UC-palvelimia vastaan tehdyt hyökkäykset ovat olleet viimeisten vuosien aikana kasvussa ja vuonna 2010 hyökkäyksiä oli 2,5 minuutin välein huippu ajanjaksoilla. Vuonna 2011 25 prosenttia kaikista internetissä tapahtuvista hyökkäyksistä oli VoIP- ja UC-järjestelmiin kohdistuvia. Hyökkäys- ja riskityyppejä on kolme:

- palvelun varastaminen: maksuhuijaukset
- palvelunesto: UM, IP-PBX
- yksityisyys ja kelpoisuus: IM, UM, läsnäolo, videoneuvottelu.

Edellä mainittujen hyökkäyksien varalta yrityksen on pidettävä huoli perustietoturvan (palomuurit, autentikointi, tunkeilijan havaitseminen) lisäksi puheluiden vahvasta salauksesta ja etätyöntekijöiden VPN-yhteyksistä (Virtual Private Network). Yrityksen on luotava oma ja uusi tietoturvapoliittikka yhdistetylle viestinnälle. Erityisesti yritysten kannattaa keskittyä vahvistamaan VPN-teknologioiden, palomuurimekanismien ja pääsynhallinnan osa-alueita. [Almeida & Lorencio 2011.]

Pilvipalvelut tuovat mukanaan arkkitehtuurin, jossa laitteistoa ja tietoa ei enää säilytetä yrityksen tiloissa. Uhkia aiheuttaakin se, että dataa käsitellään ja tallennetaan etänä sekä virtualisoidaan. Pilveen tallennetun datan suojaaminen onkin erittäin tärkeää. Myös pilven dynaaminen luonne haastaa yrityksen kyvyn säilyttää johdonmukaiset tietoturvamääräykset sekä varmuuskopioinnin. [Pearson 2009.] Tietoturvan toteutus pilviratkaisuissa perustuu samoihin pääkohtiin kuin yhdistetyn viestinnän tapauksessa. Verkon suunnittelun näkökulmasta MPLS-reiityksen käyttö lisää osaltaan tietoturvaa, sillä MPLS-tunnuksia ei voi muokata, kuten IP-osoitteita. Myös VLAN-ratkaisut (Virtual LAN) ovat tärkeitä erityisesti pilvien välisessä liikenteessä. [Weinman 2011.]

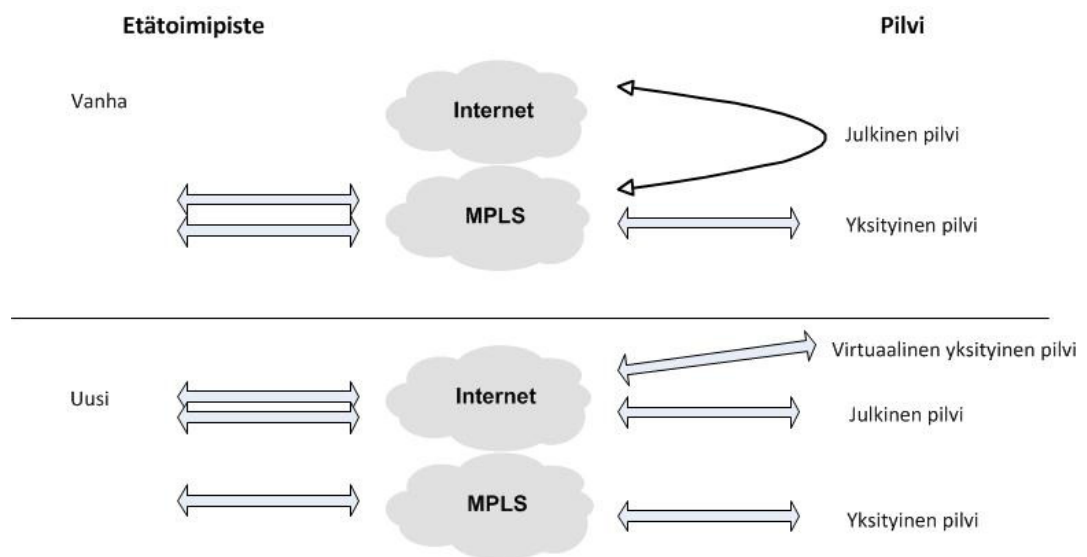
#### 4.3 Verkot

Verkkojen on pystyttävä kuljettamaan päivä päivältä enemmän dataa ja erityisesti ääntä. Uudet palvelut, kuten pilviratkaisut ja yhdistetty viestintä asettavatkin laadun ja saatavuuden vaatimukset uudelle tasolle.

Pilvipalvelut vaativat hyviä verkkoyhteyksiä konesalien, pilvien sisäisten yhteyksien ja pilvien ulkoisten yhteyksien välillä. Erityisesti vuorovaikutteisuuden ja reaaliaikaisuuden kasvu tämän päivän sovelluksissa nostavat liikenteen määrää. Monet tutkimukset en-

nustavatkin, että internetliikenne kasvaa seuraavien vuosien aikana jopa nelinkertaiseksi. Lisäksi verkkoyhteyksiä käyttävien laitteiden määrä on lisääntynyt. Ihmisillä on useita älypuhelimia, tietokoneita ja muita multimedialaitteita, joilla voidaan käydä esimerkiksi videoneuvotteluja. Nämä edellä mainitut seikat yhdessä aiheuttavat vaatimuksia entistä lyhyemmistä vasteajoista ja pienemmästä viiveestä, kasvavalle määrälle laitteita, useammassa paikassa ja suuremmalla kaistanleveydellä. Verkot joutuvat kovaan rasitukseen, mutta myös edellä mainittujen vaatimusten yhteisvaikutukset voivat aiheuttaa verkkojen tukkeutumista ja yllättäviä kuormapiikkejä. [Weinman 2011.]

Yrityksen sivutoimipisteiden näkökulmasta pilvipalvelut voivat olla hyvinkin vaativia, sillä runkoverkkoyhteydet pääkonttoriin eivät sellaisenaan tue pilviratkaisuja. Tämä voi näkyä esimerkiksi huonona sovellusten suorituskynä. Viimeisten 10 – 15 vuoden aikana etätoimipisteiden verkot on pääasiassa rakennettu käyttäen MPLS-reititystä, joka yhdistää etätoimipisteet konesaleihin eli yleensä pääkonttoreihin. Tällöin kaikki data kulkee ensin pääkonttorin kautta (kuvassa 11 ylempänä), eikä esimerkiksi suoraan etäkonttorin ja internetin välillä, ja kaista käytetään loppuun. Lisäksi etätoimipisteellä harvoin on tarvittavaa tietoturvaratkaisua pilvipalveluille. [Lippis 2012.]

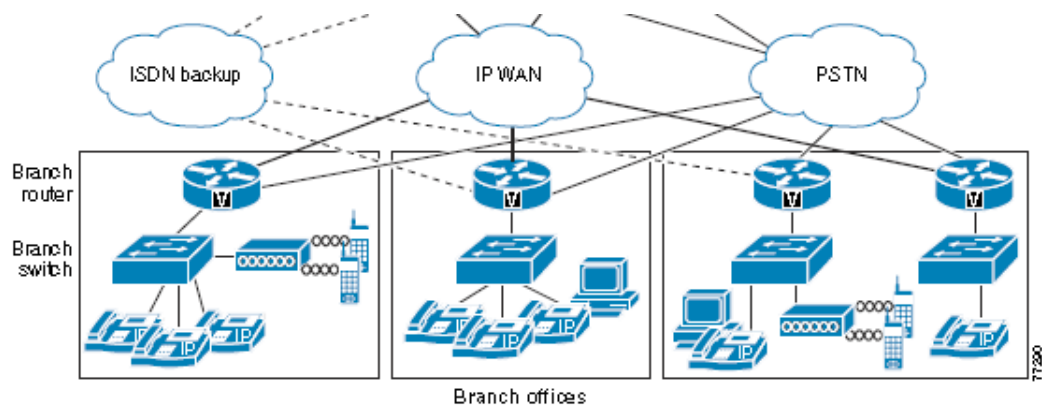


Kuva 11. Perinteinen ja uusi yhteysmalli etätoimipisteelle. (Mukailtu lähteestä [Lippis 2012].)

Yksi mahdollinen ratkaisu pilvipalveluita varten onkin etätoimipisteen yhdistäminen suoraan julkiseen verkkoon ja pilveen, jolloin poistuisi kaistaa hukkaava pullonkaula kuvassa 11 alempana). Tällöin voidaan turvata oikea pilvipalvelusovellusten suorituskky usealle päätelaitteelle. Etätoimipisteiden tietoturvallinen ja joustava yhteys palve-

luihin voidaan taata panostamalla palomuu- ja reititystekniikkaan sekä käyttämällä uusia tietoturvaratkaisuja. Lisäksi verkon hallinta- ja monitorointityökalut on otettava käyttöön, jolloin resursseja voidaan siirtää ja yksinkertaistaa toimintoja. [Lippis 2012.]

Yhdistetty viestintä ja erityisesti puhelut, jotka toteutetaan SIP-protokollan avulla, lisäävät datan määrää yrityksen sisäisessä verkossa vain siinä tapauksessa, että kaikki liikenne kulkee vain yhtä reittiä pitkin etätoimipisteen ja pääkonttorin välillä. Kuten aikaisemmin mainittiin, SIP-protokollan varsinaiset mediavirrat käyttävät suorinta mahdollista reittiä, eikä niiden tarvitsisi kulkea pääkonttorin kautta keskitetysti. Tärkeimpänä verkkomuutoksena onkin etätoimipisteen toiminnallisuuden ja sen omien yhteyksien lisääminen.



Kuva 12. Ciscon malli tyypillisestä yhdistetyn viestinnän etätoimipiste-arkkitehtuurista. (Mukailtu lähteestä [Cisco Systems 2012c].)

Etätoimipisteiden korkea käytettävyys voidaan taata useilla eri strategioilla, ja valinta niiden välillä perustuu yrityksen tai sovellusten vaatimuksiin, ääni- ja datayhteyksien priorisointiin ja kustannuksiin. Kuvassa 12 on Ciscon korkean tason kuvaus etätoimipisteen liitynnöistä muihin verkkoihin. WAN-linkit voidaan kahdentaa joko lisäämällä yhteen etätoimipisteen reitittimeen useita WAN-linkkejä tai lisäämällä useita reitittimiä kahdennetulla WAN-yhteydellä. ISDN-yhteyksiä käytetään varalinkkeinä WAN-yhteyksien katketessa. ISDN voidaan määritellä vain datayhteyksiä varten tai tukemaan myös puheluita, mutta tällöin koodekkien ja QoS-vaatimusten on oltava IP-verkon ja ISDN:n välillä toisiaan tukevia. Lisäksi etätoimipiste tulee olla yhdistetty julkiseen puhelinverkkoon. [Cisco Systems 2012c.] Varayhteydet täytyy myös sijoittaa fyysisesti erilleen, ettei niitä kaikkia menetetä yhtä aikaa esimerkiksi virheellisen maankaivuun seurauksena.

Microsoft huomioi omista suosituksistaan [Microsoft 2012a] myös verkkolaitteiden sijoittelun yrityksen sisäverkossa. Ennen yhdistetyn viestinnän käyttöönottamista verkkoliikenne tulisi analysoida ja määritellä mahdolliset käyttömallit sekä mahdolliset ongelmakohdat, sillä lähes aina verkon kuormitus ei jakaudu tasaisesti esimerkiksi työpäivän aikana. Jokainen puhelu, joka saapuu IP-yhdyskäytävän kautta varaa oman osansa sisäverkon kaistasta. Kaikki UC-liikenne reititetään suoraan yhdyskäytävältä UC-palvelimelle, jolloin kannatta harkita verkkolaitteiden sijoittelua toisiinsa nähden:

- Sijoita PBX:t fyysisesti lähelle IP-yhdyskäytäviä.
- Sijoita yhdyskäytävät lähelle UC-palvelimia samalle verkkoalueelle.
- Sijoita UC-palvelimet lähelle toisiaan samalle verkkoalueelle ja samalle fyysiselle alueelle.
- Sijoita WAN-linkin päätepiste mahdollisimman lähelle puhelinliikennelaitteistoa.

#### 4.4 Vikasietoisuus, käytettävyys ja luotettavuus

Korkean käytettävyyden tavoitteena on minimoida verkon toimintahäiriöt, mikä on ääni- ja videoyhteyksien kannalta tärkeää. Korkea käytettävyys on sekoitus politiikkoja, tekniikoita ja työkaluja, jotka takaavat koko yhteyden kattavan saatavuuden palveluille, istunnoille ja käyttäjille. Käytettävyys on hyvin riippuvainen verkon varmentamisesta ja ohjelmistojen käytettävyydestä [Cisco Systems 2012a.]

Verkon varmennus tai kahdennus on riippuvainen laitteistosta, suorittimista ja fyysisistä linkeistä. Verkko tulisi suunnitella niin, että verkon yhteydet eivät ole sidoksissa vain yhteen laitteeseen, esimerkiksi yhteen runkokyttimeen. Verkon laitteiden tulisi olla vaihdettavissa ja päivitettävissä ilman, että siitä aiheutuu verkkoliikenteelle minkäänlaista haittaa, ja myös virtalähteiden tulisi olla kahdennettuja. Tämä voidaan toteuttaa virtualisoinnin avulla tai fyysisesti erillisillä laitteilla. Ohjelmistojen käytettävyys perustuu luotettavuuspohjaisiin protokolleihin, jotka antavat ohjeita verkoille ja/tai sen komponenteille, kuinka toimia häiriötilanteessa. Häiriö voi olla sähkökatko, laitevika tai irronnut kaapeli. Nämä protokollat luovat sääntöjä pakettien uudelleen reititykseen ja muuttavat reittejä. Mitä nopeammin uudet säännöt saavuttavat kaikki verkkolaitteet, sitä parempi, sillä silloin verkko on toipunut häiriötilanteesta ja on taas normaalisti käytettävissä. [Cisco Systems 2012a.]



SIP-pohjaiset järjestelmät perustuvat myös kahdennukseen ja varmennukseen, jotka on toteutettu sallimalla useiden SIP-välityspalvelinten toimia yhtä aikaa samassa verkossa. Jos yksi menee vikatilaan, DNS (Domain Name Server) reitittää pyynnöt automaattisesti ja täysin huomaamattomasti toiselle palvelimelle. Puhelun hallinta (Call Management) voidaan myös jakaa usean SIP-palvelimen kesken kuormantasausta käyttäen. Molemmat palvelimet ovat yhteydessä rekisteriin, jolloin puheluiden tilat päivittyvät niille reaaliaikaisesti ja jos palvelin joutuu häiriötilaan, toinen palvelin ottaa senkin puhelut hallintaansa ilman katkoja. Palvelimet näkyvät ulospäin yhtenä kokonaisuutena. [Steinmann 2007.]

Pilvipalveluiden vikasietoisuutta parantavat hajautetut vikasietoisuustekniikat, jotka hyödyntävät paikallisen kahdennuksen lisäksi varmennusta maantieteellisesti eri paikkaan, kuten toiseen konesaliin. Pilven vikasietoisuuteen liittyy myös vikojen välttäminen, joka voidaan saavuttaa paremmilla komponenteilla, testauksella ja laiteympäristöjen suojaamisella. [Undheim ym. 2011.] Näitä tekniikoita myös yritys voi itse soveltaa yksityisen- ja hybridipilven tapauksessa.

#### 4.5 Puheluiden ohjaaminen ja hätäpuhelut

Yhdistettyyn viestintään kuuluu usein myös yritysten pyrkimys yhteiseen puhelunohjaukseen niin päätoimipisteiden kuin etätoimistojen kesken. Yrityksen sisällä SIP-välityspalvelimet voivat muodostaa keskenään verkon, joka tarjoaa puheluiden hallintaa ja ohjausta varsinaisena verkkopalveluna, mikä ei kuitenkaan ole kustannustehokas ratkaisu varsinkaan yhdistettäessä useita etätoimipisteitä keskenään. Tämä johtuu reaaliaikaisuusvaatimuksesta rekisteröintitilan synkronoinnissa palvelinten välillä. Keskitetty ja täysin kahdennettu SIP-palvelin on usein kustannustehokkain. Se huolehtii kaikkien toimipisteiden puhelujen reitityksestä ja sijaitsee usein pääkonttorissa. Joustavuutta puhelunohjauksen saadaan erillisellä hakemistolla, jossa liitetään puhelinnumerot SIP-tunnuksiin. [Steinmann 2007.] Puhelunohjaus voi olla myös hajautettu, jolloin etätoimipisteillä on myös omat ohjausyksikkönsä [Cisco Systems 2012c].

Yrityksen ulkopuolelle suuntautuvista puheluista tärkeimpänä on huomioida hätäpuhelut. Paikallisten hätäpuheluiden soittaminen täytyy olla mahdollista, vaikka yhteys pääkonttoriin olisi poikki. Etätoimipisteiden PSTN-linjojen rajoittaminen minimiin mahdollistaa kustannussäästöjä resurssien uudelleen jakamisen kautta ja näiden linjojen käyttö

voidaan rajoittaa ainoastaan hätäpuheluihin. Tällöin voidaan siirtyä edullisten SIP-trunk-linjojen käyttöön. [Steinmann 2007.]

Suomessa hätäpuheluiden ohjauksesta on annettu Viestintäviraston määräys, jossa vaaditaan, että teleyritys hoitaa yritysverkosta tulevien hätäpuheluiden ohjauksen ja siihen mahdollisesti tarvittavan numeromuunnoksen siten, että puhelut pystytään ohjaamaan verkosta saadun tiedon perusteella käyttäjän alueelle määrättyyn hätäkeskukseen. Siinä tapauksessa, että yrityksen alanumero on eri hätäkeskusalueella kuin yritysverkon liitântäkeskus, suositellaan yritysverkossa tehtävän hätäliikenteen ohjaukseen erillinen ohjausnumero. Ohjausnumeroon liitetään toimistoa lähinnä olevan hätäkeskuksen sijaintikuntaa vastaava kuntatunniste. [Viestintävirasto 2007.]

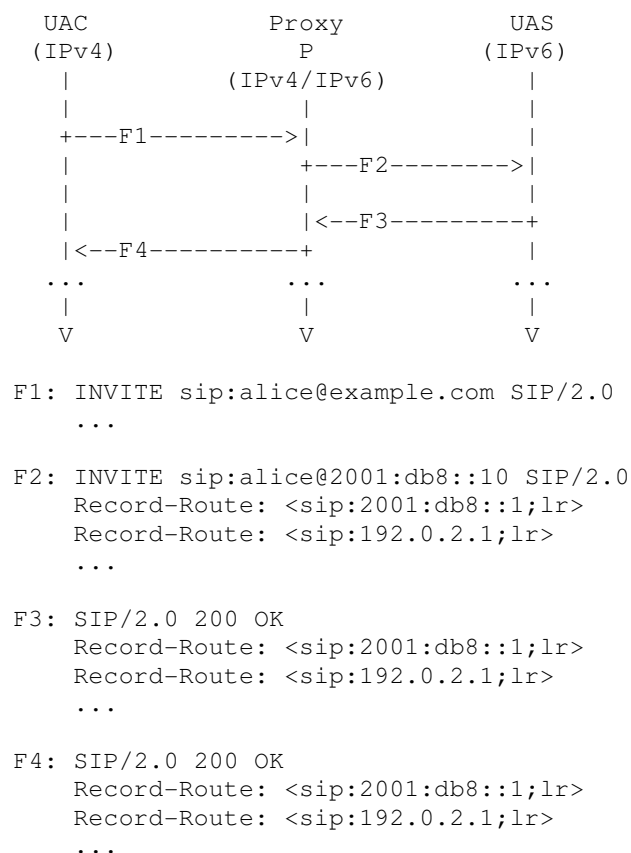
Maa­ilman­laajuisesti hätäpuhelinkeskukset ovat lähes poikkeuksetta PSTN-pohjaisia, eikä varsinaisia VoIP-hätäpuheluohjausstandardeja ole vielä saatu valmiiksi. Tarvitaan siis uusia standardeja ja määrittely, jotka voidaan ottaa globaalisti käyttöön. Niitä suunnitellaan parhaillaan monella taholla. Internetin kehityksestä vastaavan IETF:n perustama ECRIT-työryhmä [IETF 2012] (Emergency Context Resolution with Internet Technologies) keskittyykin hätäpuheluiden luotettavuuden ja tietoturvan parantamiseen sekä erityisesti hätäpaikannuspalveluiden kehittämiseen.

#### 4.6 IPv6

Siirtyminen IP-versiosta 4 IP-versioon 6 on alkanut hitaasti mutta varmasti, mikä aiheuttaa myös muutoksia SIP-protokollaan. Tutkijat ovat jo vuonna 2003 ehdottaneet muun muassa Javaan pohjautuvaa ratkaisua [Robles ym.. 2003], jossa SIP yhdistetään IPv6:een käyttäen IPv4-IPv6-muunnokseen sovellustason yhdyskäytävää, jossa on NAT-PT-ominaisuus (Network Address Translation – Protocol Translation). Eli sillä on portit molemmille protokollaversioille. IETF on kuitenkin luokitellut NAT-PT-tekniikan historialliseksi standardiksi [IETF 2007] siinä esiintyneiden ongelmien vuoksi. Varsinaisen SIP-standardin [IETF 2002] mukaan SIP on yhteensopiva IPv6-protokollaversion kanssa.

IETF on tehnyt uuden määritelmäehdotuksen [IETF 2011] IPv6-protokollaa varten vuonna 2011. Siinä kuvataan, kuinka eri IP-protokollan versiota käyttävät käyttäjäliittymät voivat kommunikoida keskenään. Perinteinen SIP pystyy toimimaan molemmissa

verkoissa signaalitasolla, kun välityspalvelimet ja DNS ovat oikein konfiguroitu tuke-  
maan molempia IP-versioista, mutta käyttäjäliittymät vaativat laajennoksien käyttöönot-  
toa. Kuvassa 13 on esimerkki yhteydenmuodostuksesta kahden eri verkossa olevan  
käyttäjän välillä. Välityspalvelin P vastaa alueesta example.com ja saa yhteyspyynnön  
IPv4-käyttäjältä. P-palvelimeen on sisällytetty molemmat protokollapinot, jolloin sillä on  
käytössä IPv4-osoite 192.0.2.1 ja IPv6-osoite 2001:db8::1. Kun pyyntö saavuttaa IPv6-  
käyttäjän (F3), se lähettää OK-viestin ja muodostaa reittijoukon (Record-Route), jossa  
ensimmäisenä on palvelimen IPv6-osoite. Myös välityspalvelin ja IPv4-käyttäjä muo-  
dostavat omansa, ja näin molemmilla yhteyden osapuolilla on oikea välityspalvelimen  
osoite käytössään.



Kuva 13. SIP-pyyntöjen lähetykset erilaisten verkkojen välillä [IETF 2011].

Kuva 13 esittää ainoastaan yhteyden muodostusvaihetta, mutta varsinainen medianlä-  
hetys vaatii käyttäjäliittymien yhteensopivuutta, sillä mediavuo kulkee suoraan näiden  
välillä. Standardiehdotus suosittelee, että IPv6-käyttäjäliittymiin olisi lisätty myös IPv4-  
osoite, mutta koska tämä ei ole aina mahdollista voidaan käyttää myös STUN-välitystä  
(Session Traversal Utilities for NAT) NAT-tekniikan yhteydessä. STUN mahdollistaa

IPv6-käyttäjäliittymän käyttää epäsuorasti IPv4-osoitetta, mutta vaatii operaattoreita lisäämään ylimääräisiä palvelimia, jotka jakavat IPv4-osoitteita. [IETF 2011.]

## 5 Erilaisia toteutustapoja UC-palveluille

Yhdistetyn viestinnän alaa hallitsevat suuret yritykset, mutta joukossa on myös pienempiä tekijöitä, jotka eivät yleensä tarjoa kaikkia palvelukategorioita. Tässä luvussa esitellään neljän suuren yrityksen UC-ratkaisuja, joiden lähestymistavat eroavat selkeästi toisistaan. Lisäksi keskitytään näiden ratkaisujen sisältämiin etätoimipistemalleihin teknisestä näkökulmasta. Luvussa 5.1 tutustutaan Ciscon suunnitteluun ja luvussa 5.2 esitellään Siemensin OpenScape-tekniikkaa. Microsoft Lync -palveluun tutustutaan luvussa 5.3 ja IBM:n palveluita esitellään luvussa 5.4.

### 5.1 Cisco

#### 5.1.1 Unified Communications ja Hosted Collaboration Solution

Cisco Unified Communications Solution yhdistää äänen, videon, datan ja mobiilin liikenteen langallisissa ja langattomissa verkoissa. Se mahdollistaa yhteistoiminnan milloin tahansa ja mistä tahansa. Ciscon UC-ratkaisu on verkkokeskeinen lähestymistapa yhdistettyyn viestintään. Verkkokeskeisyys helpottaa tiettyjen ominaisuuksien huomiointia ja parantamista, kuten suorituskyky, skaalautuvuus, tietoturva, luotettavuus ja laajennettavuus. Ciscon ratkaisuja voidaan käyttää usein eri tavoin: sovelluksina toisen toimittajan laitteistoissa, sovelluksina Ciscon laitteissa tai useina applikaatioina yhdistettynä yhdelle alustalle. Sovelluskehittäjät voivat luoda kustomoituja sovelluksia käyttäen avoimia ohjelmointirajapintoja, kuten SIP, XML, HTTP ja SOAP (Simple Object Access Protocol). [Cisco Systems 2007.]

WebEx Connect IM on Ciscon XMPP-pohjainen pikaviestintäsovellus (kuva 14), joka kuuluu Ciscon UC-ratkaisuun. Cisco tarjoaa WebEx-sovellusta SaaS-pohjaisena pilvipalveluna osana suurempaa WebEx Collaboration Cloud -kokonaisuutta. Sovellusta voidaan käyttää muun muassa SIP-pohjaisena sovelluspuhelimena. Lisäksi käytössä ovat myös muut yleiset UC-palvelut, kuten puhelunohjaus, läsnäolo- ja vastaajapalvelut, sekä videoneuvottelu. Puheluliikenteen kuljetukseen käytetään SRTP-protokollaa AES-128 -salauksella (Advanced Encryption Standard) ja koodekkivaihtoehtoina ovat G.711, G.722 ja G.729a. [Cisco Systems 2009; Cisco Systems 2010.]



Kuva 14. Cisco WebEx Connect -käyttöliittymä [Cisco Systems 2009].

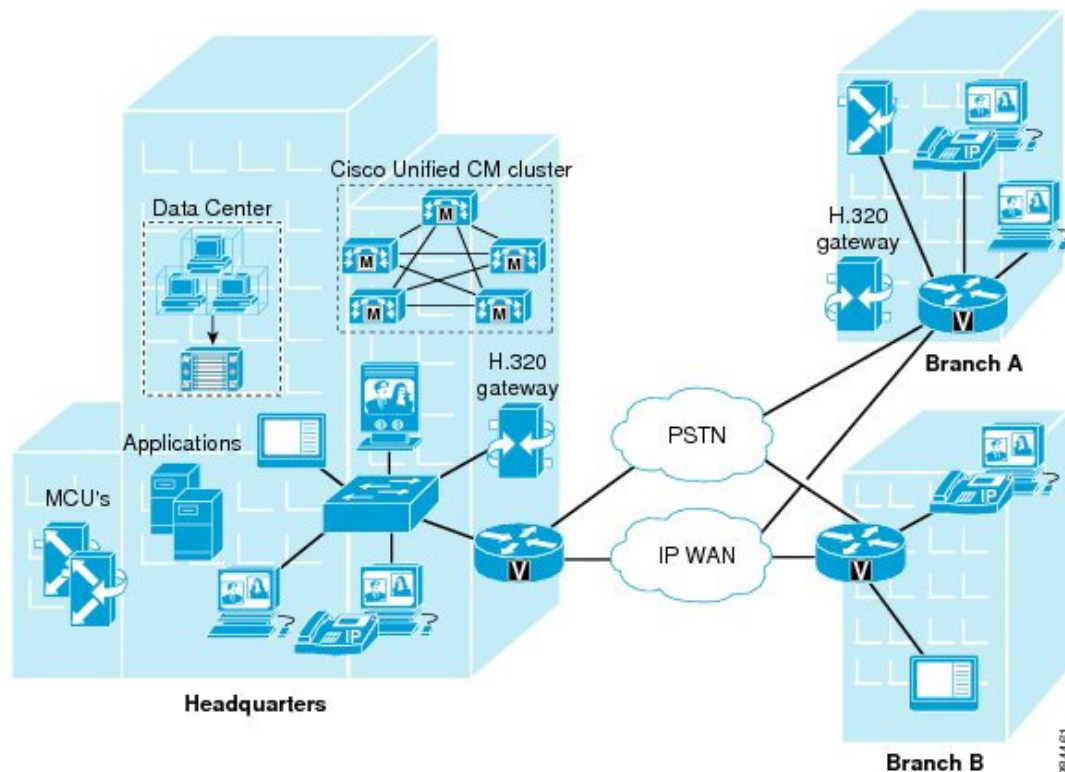
Ciscon yhdistetyn viestinnän pilvipalvelu perustuu SaaS-malliin. Hosted Collaboration Solution (HCS) -pilvipalvelulla on joustava arkkitehtuuri, joka perustuu SIP-protokollaan. Arkkitehtuuri on tiukasti sidottu palveluntarjoajan verkkoinfrastruktureihin, jolloin voidaan taata laadukkaat yhteistyöpalvelut WAN-verkoissa ja varmistaa yhteyksien hallinta ja tietoturva. Pilvipalveluarkkitehtuuri sisältää SBC:n yhdistettynä reititykseen ja valinnaisen keskitetyn puhelunhallinnan, mikä mahdollistaa reitityksen sisäverkon, PSTN-verkon, muiden SIP-verkkojen ja kolmannen osapuolten SaaS-pilvien välillä. HCS tukee myös IMS-verkkoreititystä. [Cisco Systems 2012d.]

HCS perustuu virtualisointiin, jonka arkkitehtuuri on suunniteltu yhtä tietoturvalliseksi ja toimivaksi kuin asiakkaan omissa tiloissakin toteutettavat pilvipohjaiset ja hybridimalliset viestintäpalvelut. HCS voidaan toteuttaa kolmella tavalla eli julkisessa, yksityisessä ja hybridipilvessä. [Cisco Systems 2012d.]

#### 5.1.2 Etätoimipisteen suunnittelu

Cisco tarjoaa varsin kattavan suunnitteluarkkitehtuurin UC-ratkaisujen käyttöönottoa varten. Tärkeimpänä vaiheena on valita keskitetyn ja hajautetun puhelun hallinnan väliä. Yrityksen tulee arvioida muun muassa seuraavia seikkoja: WAN-verkon kaistanleveys ja viive, puhelinyhteyksien kriittisyys, vaaditut ominaisuudet, skaalautuvuus, hallinnan helppous ja hinta. [Cisco Systems 2012e.]

Keskitetyssä mallissa puhelun hallinta on sijoitettu ainoastaan pääkonttoriin. WAN-verkon on tuettava QoS-ominaisuuksia ja puhelun pääsynhallinta -mekanismien on oltava käytössä. Pääsynhallinta mahdollistaa kuormantasauksen WAN-linkkien välillä, jotta kaistanleveys riittää kaikille puheluille. Myös puhelun hallintasignaalit kulkevat etätoimipisteiden ja pääkonttorin välisessä WAN-verkossa, mikä osaltaan vie kaistaa. Kuvassa 15 on esitetty tyypillinen keskitetty puhelun hallinta -malli, jossa pääkonttoriin on sijoitettu yhdistetty puhelun hallintaklusteri (CM Cluster) puheluiden prosessointiin, ja IP WAN -verkko yhdistää yrityksen toimipisteet toisiinsa. Tässä mallissa UC-palvelut, kuten ääniviestit, läsnäolo ja mobiilipalvelut hallinnoidaan pääkonttorissa, jolloin säästetään huolto- ja ylläpitokustannuksissa. Tilanteissa, joissa WAN-yhteydet eivät ole luotettavia, voidaan yksittäisiä UC-toimintoja sijoittaa myös etätoimipisteisiin. [Cisco Systems 2012e.]



Kuva 15. Keskitetty puhelun hallinta, kun yrityksellä on etätoimipisteitä [Cisco Systems 2012e].

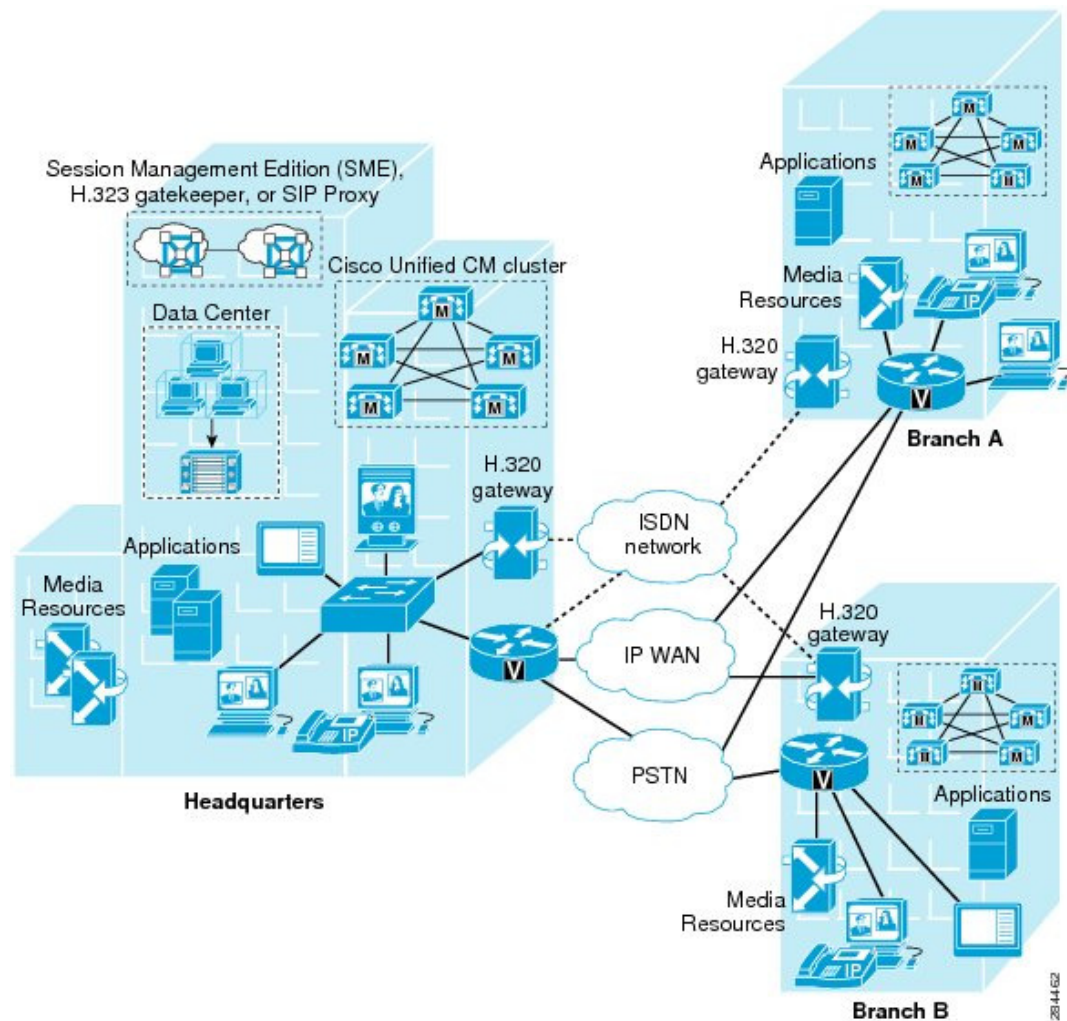
Keskitettyä mallia käytettäessä on huomioitava etätoimipisteyhteyksien vikasietoisuus ja palveluiden saatavuus. Erilaisia vaihtoehtoja on useita. WAN-linkkejä voidaan lisätä, jolloin IP-puhelimien ja puhelun hallintaklusterin väliset yhteydet voidaan taata. Tämä ratkaisu pätee datayhteyksiin sekä puheluihin, ja se on täysin huomaamaton puhelun hallintakerrokselle. ISDN-varayhteyttä voidaan käyttää vain datalle tai myös puheluille, mutta yhteyden on tällöin tuettava QoS-vaatimuksia. Cisco suosittelee käyttämään puheluille Survivable Remote Site Telephony -ominaisuutta (SRST), joka mahdollistaa etätoimipisteen reitittimen suorittaa joitakin puhelun hallintatoimintoja. [Cisco Systems 2012e.]

Normaalisti etätoimipisteen IP-puhelimet ovat yhteydessä pääkonttorin keskitettyyn puhelun hallintaan, jolloin ne vaihtavat puhelusignaalintietoa IP WAN -verkon kautta. Etätoimipisteen reititin reitittää puhelusignointi- ja puheluliikennettä, eikä sillä ole tietoa IP-puhelimista. Jos WAN-yhteys katkeaa, SRST toimii siten, että etätoimipisteessä oleva IP-puhelin rekisteröityykin, keskitetyn puhelun hallinnan sijaan, etätoimipisteen reitittimeen SRST-tilassa. Reititin muodostaa IP-puhelinten asetusten pohjalta oman konfiguraationsa automaattisesti, jonka jälkeen IP-puheluita voi soittaa PSTN-verkon



kautta tai etätoimipisteen sisällä. SRST-tilassa puheluominaisuudet ovat usein rajoitettuja. WAN-yhteyden palaututtua IP-puhelin rekisteröityy automaattisesti taas pääkonttorin keskitettyyn puhelun hallintaan ja SRST-reititin poistaa tiedot IP-puhelimista ja palaa tavalliseen reititys- tai yhdyskäytävätilaansa. [Cisco Systems 2012e.]

Hajautetussa puhelunhallintamallissa jokaisella toimipisteellä on oma puhelunhallintaklusterinsa, jotka ovat yhteydessä toisiinsa IP WAN -verkon kautta. Malli on esitetty kuvassa 16. Lisäksi etätoimipisteissä on erilaisia mediaresursseja ja omia toimintoja. Molemmissa puhelun hallinnan malleissa Ciscon suosituksena on käyttää sisäverkoissa laadukkaampaa, mutta enemmän kaistaa vievää G.711-koodekkia ja toimipisteiden välillä vähemmän kaistaa kuluttavaa G.729-koodekkia. Lisäksi Cisco-laitteet tukevat sekä SIP- että H.323-signaalointiprotokollia. [Cisco Systems 2012e.]

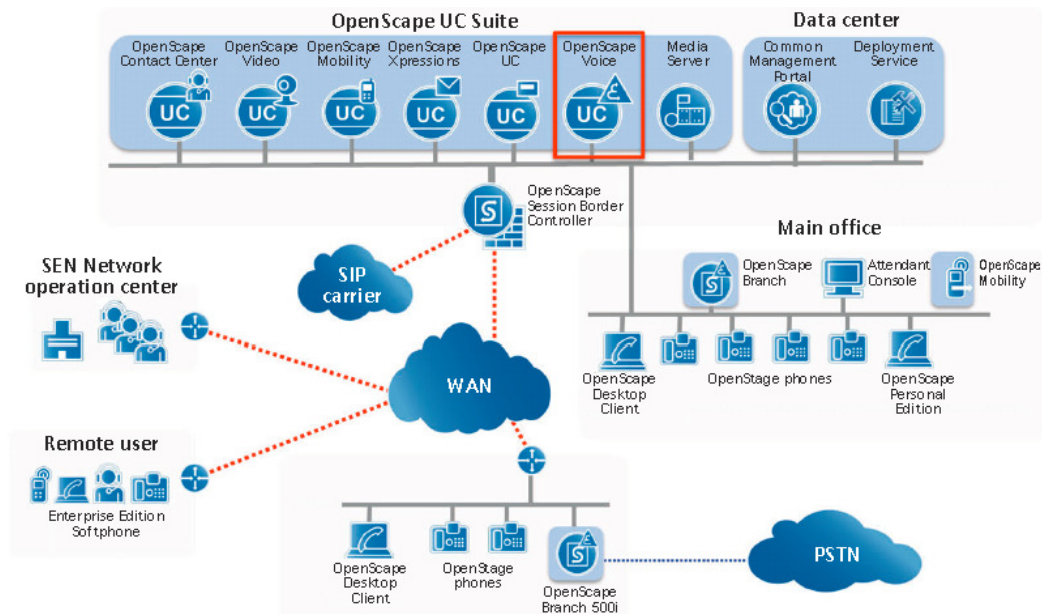


Kuva 16. Hajautettu puhelun hallinta, kun yrityksellä on etätoimipisteitä [Cisco Systems 2012e].

## 5.2 Siemens

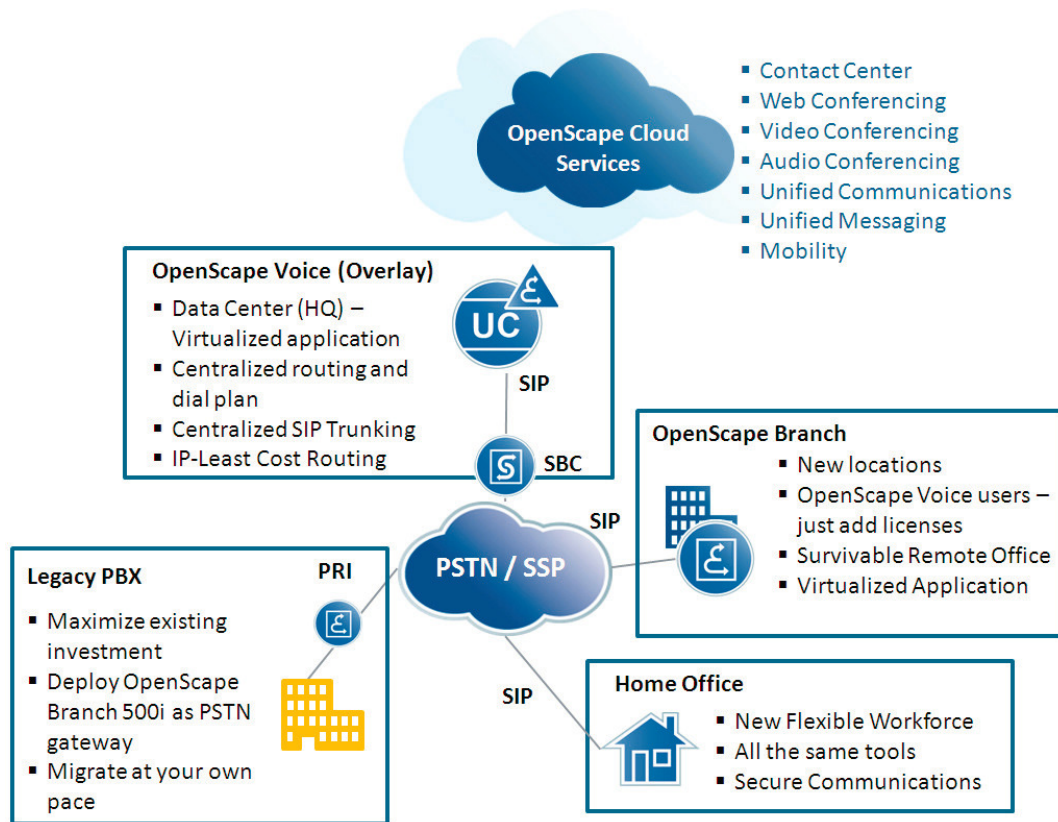
### 5.2.1 OpenScape Unified Communications ja OpenScape Cloud

Siemens keskittyy tarjoamaan yhdistetyn viestinnän pilvipalveluillaan avoimen ja mobiilin ratkaisun, joka pohjautuu SIP-protokollaan. Avoimuus tarkoittaa erityisesti yhteensopivuutta myös muiden valmistajien laitteiden kanssa. Puheluita varten Siemensillä on oma OpenScape Voice -ratkaisu, joka on osa kuvassa 17 näkyvää UC Suitea.



Kuva 17. Siemensin yhdistetyn viestinnän arkkitehtuurimalli [Siemens 2012a].

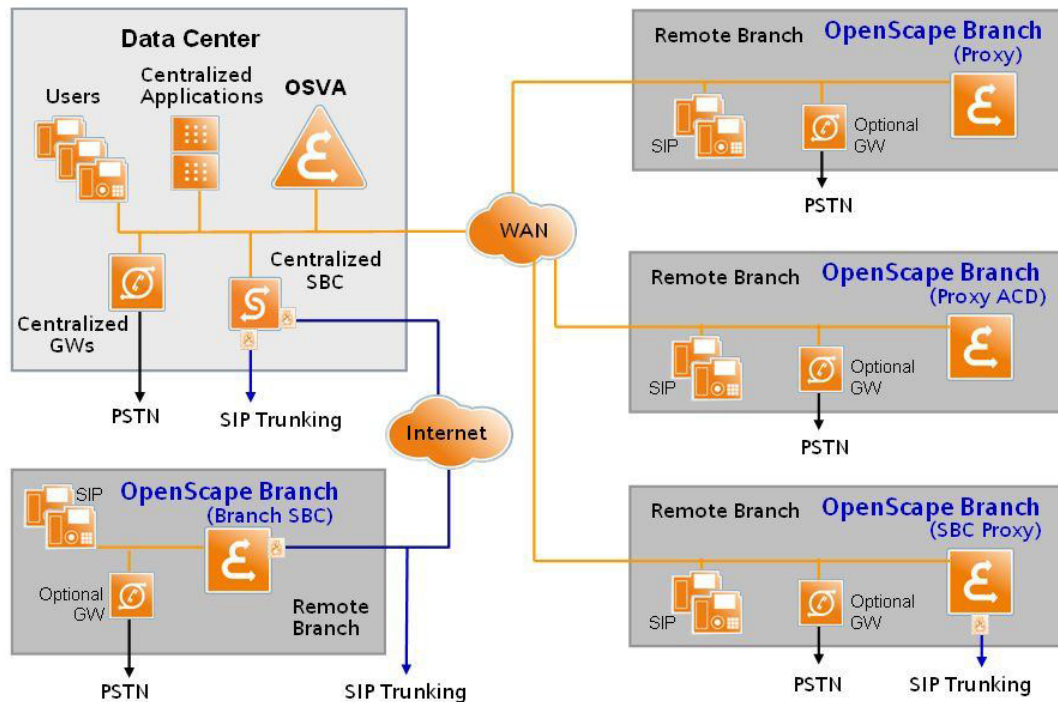
OpenScope Voicella voidaan Siemensin mukaan saavuttaa 99,999 prosentin luotettavuus, mikä tarkoittaa ainoastaan 5,5 minuutin katkoa palvelussa vuoden aikana. Palvelimet on suunniteltu siten, että yhden vikaantuessa toinen pystyy ottamaan puhelut hallintaansa täysin, vaikka palvelimet sijaitsisivatkin fyysisesti erillään. Puhelinpalvelu voidaan myös virtualisoida sekä toimittaa kolmella yleisellä pilvipalvelumallilla. Siemens on myös panostanut migraatiopalveluihin, joilla pystytään yhdistämään vanha laitteisto uuteen UC-tekniikkaan. (kuva 18) Siemensin useat palvelin- ja SBC-vaihtoehdot tukevatkin esimerkiksi PRI-liityntöjä (Primary Rate Interface), joita käytetään ISDN-verkoissa. OpenScope Voice -palvelu voidaan toteuttaa vikasietoisesti seuraavilla tavoilla: palvelinjoukko maantieteellisesti samassa paikassa, saman VLAN:n palvelimet maantieteellisesti erillään yhdistettynä siirtotasolla, eri VLAN:ssa olevat palvelimet maantieteellisesti erillään yhdistettynä siirtotasolla ja palvelimet maantieteellisesti erillään yhdistettynä verkkotasolla. [Siemens 2012a.]



Kuva 18. Siemens UC -pilvipalvelun yhdistäminen yrityksen vanhaan arkkitehtuuriin [Siemens 2012b].

### 5.2.2 OpenScape Branch

OpenScape Branch on SIP-pohjainen VoIP-palvelin, joka mahdollistaa OpenScape-palvelut etätoimipisteissä. Vikasietoisuuden lisäksi siihen voi sisältyä muun muassa mediapalvelin, palomuri, PSTN-yhdyskäytävä ja SBC, joka mahdollistaa myös SIP-trunkin käytön. Kuvassa 19 on esitelty erilaisia toteutusmalleja, jotka eroavat SIP-trunk-liityntöjen ja välityspalvelinten osalta. Myös PSTN-liityntä on valinnainen. Siemensin malli käyttää keskitettyä puhelun hallintaa. [Siemens 2011.]



Kuva 19. OpenScope Branch -toteutusmallit [Siemens 2011].

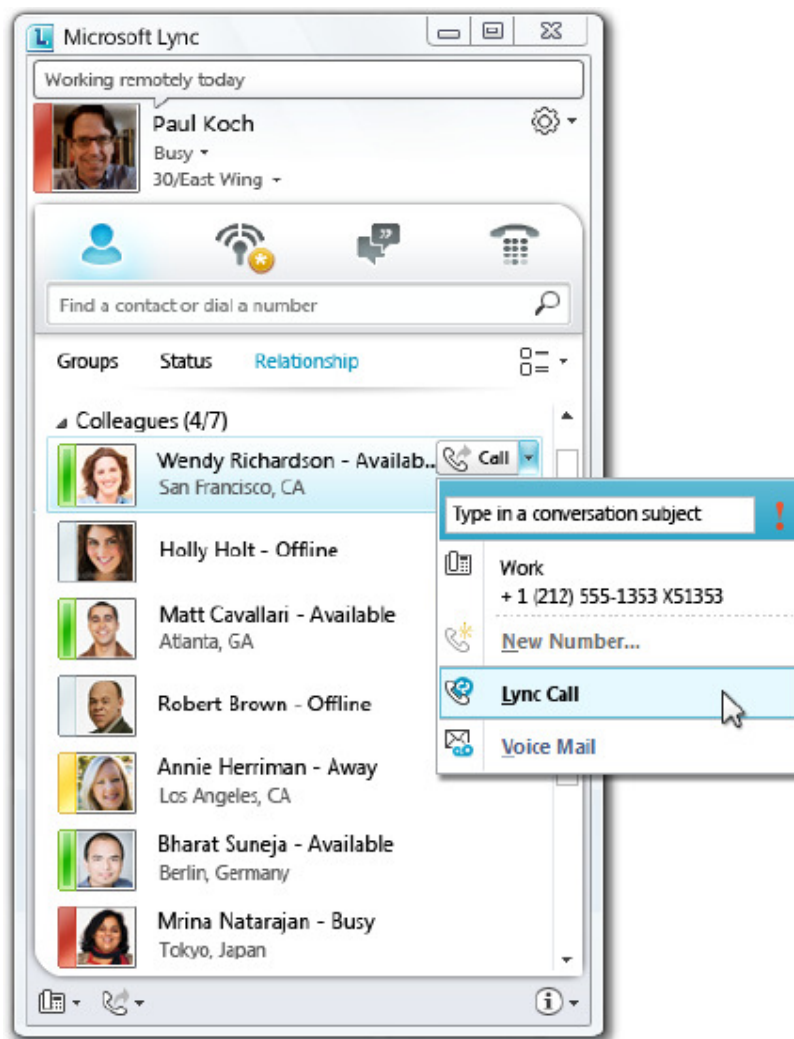
OpenScope Branch on tarkoitettu varmistamaan etätoimipisteen toiminnot silloin, kun yhteys pääkonttoriin katkeaa. Hätäpuheluista varten kaikissa Branch-palvelin malleissa on tuki aliverkkoon perustuville numeroille, jotka voidaan reitittää oikein hätäkeskukseen. Lisäksi mediapalvelin pystyy hoitamaan neuvotteluominaisuudet paikallisesti, jolloin kaistaa ei turhaan kulu resurssien toimittamiseen pääkonttorin palvelimelta. SBC tuottaa tietoturvaominaisuuksia, kuten VPN-yhteydet ja palomuurin. [Siemens 2011.]

### 5.3 Microsoft

#### 5.3.1 Microsoft Lync

Microsoft on keskittynyt ohjelmistollisiin yhdistetyn viestinnän ratkaisuihin, ja sen UC-palvelu on nimeltään Lync Server 2010, jonka VoIP-ratkaisu voidaan valmistajan mukaan yhdistää helposti jo valmiina oleviin viestintäjärjestelmiin. Lync Server on rakennettu yhtenäiseksi alustaksi, joka toimii yhteen tai jopa korvaa perinteisen puhelinjärjestelmän tai uudemman IP-PBX-järjestelmän, kolmannen osapuolen vastaajapalvelun, sekä vanhat audio-, video- ja neuvotteluratkaisut. Viimeisin Lync Serverin päivitys tukee myös Microsoftin muita tuotteita, kuten Office-sovelluksia ja SharePoint-

ohjelmistoa, jolloin edellä mainittujen kautta on suora pääsy Lync-sovellukseen, jonka käyttöliittymä on kuvassa 20. [Microsoft 2010.]



Kuva 20. Microsoft Lync -käyttöliittymä [Microsoft 2010].

Lync Server käyttää standardiliityntöjä toimiakseen yrityksen vanhemman laitteiston kanssa. Julkiseen puhelinverkkoon ja IP-PBX-järjestelmiin voidaan käyttää SIP- ja yhdyskäytäviliityntöjä. Microsoftilla on myös yhteentoimivuusohjelma yhdyskäytävälle, IP-PBX-järjestelmille ja SIP-trunk-palveluntarjoajille, jonka tarkoituksena on toteuttaa asiakkaalle saumaton asennus-, tuki- ja käyttökokemus. Lync Server voidaan sijoittaa asiakkaan tiloihin, palveluntarjoajalle tai hybridiratkaisuna. Palveluntarjoajalla sijaitseva ratkaisu nopeuttaa käyttöönottoa ja varmistaa säännölliset päivitykset, sekä samalla yrityksen oma IT-henkilöstö voi keskittyä muihin tehtäviin. Puheluiden varsinainen data

ja signaalintiliikenne salataan käyttäen SRTP-protokollaa ja TLS-salausprotokollaa (Transport Layer Security) ilman, että tarvitaan laitteisto- tai ohjelmistopohjaista VPN-tekniikkaa. Optimoidut käyttäjäliittymät käyttävät adaptiivista mediaprotokollapinoa ja Microsoftin omaa RTAudio-koodekkia. Myös yleisesti käytössä olevat koodekit (G.711, G.722 ja G.723.1) ovat tuettuja, millä taataan yhteensopivuus perinteisten VoIP-ratkaisujen kanssa. Vikasietoisuus voidaan toteuttaa esimerkiksi jakamalla Lync server kahteen konesaliin tai käyttämällä perinteistä varmennusta toiseen konesaliin. Puolitettu vaihtoehto mahdollistaa nopean nopeamman toipumisen vikatilanteesta, kun taas perinteinen menetelmä tukee korkeaa vikasietoisuutta kevyemmällä verkkovaatimuksilla. [Microsoft 2010.]

Lync Server 2010 tukee hätäpuhelupalvelua Pohjois-Amerikassa. IP-verkon käyttäjän fyysinen sijainti välitetään SIP-viestissä hätäpuhelupalveluntarjoajalle, joka reitittää puhelun oikeaan hätäkeskukseen. Palveluarkkitehtuuri mahdollistaa myös sen käytön laajentamisen sekä yrityksen mobiilipuheluille että kiinteille puheluille, jolloin paikallisia hätäpuhelulinjoja ei välttämättä tarvita. Suomessa hätäpuhelut voidaan reitittää vain lokaalisti erillisen ohjausnumeron avulla, ei siis käyttäjän sen hetkisen sijainnin perusteella. [Microsoft 2010.]

Microsoft Lync Online on yhdistetyn viestinnän pilvipalvelu, joka mahdollistaa kaikki perinteiset UC-palvelut, kuten pikaviestinnän, neuvottelut ja puhelut. Lync Online kuuluu Microsoftin Office 365 -pilvitarjoamaan, joka on suunnattu yrityskäyttöön. Office 365 on internetpohjainen palvelu, joka on suunniteltu tarjoamaan vahvaa tietoturvaa, luotettavuutta ja tuottavuutta. [Microsoft 2012c.]

### 5.3.2 Survivable Branch Appliance

Lync Server 2010 on pääkonttoriin tai konesaliin keskitetty ratkaisu, mutta se tuottaa yhdessä kolmannen osapuolen Survivable Branch Appliances -laitteiden kanssa etätoimipisteen paikalliset puhelinpalvelut ja PSTN-yhteydet WAN- tai konesaliyhteyden katketessa. Survivable Branch Appliances -vaihtoehtoja (SBA) etätoimipisteille on kolme (kuva 21):

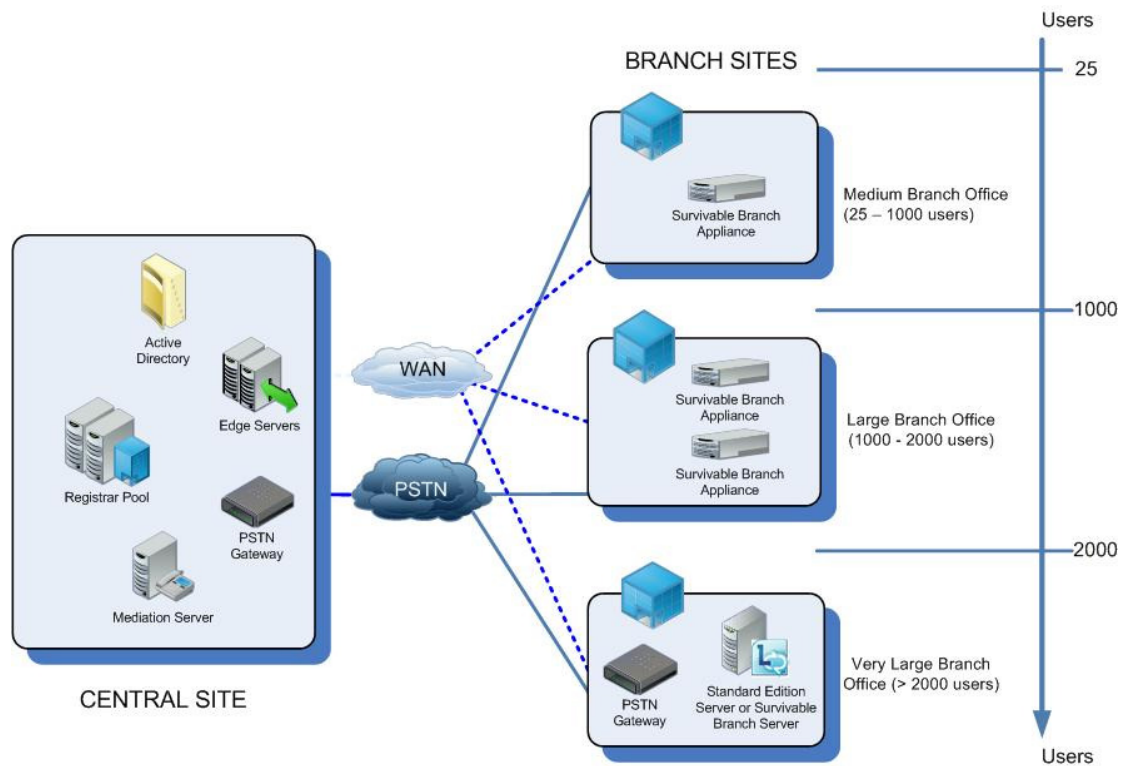
- survivable Branch Appliance
- survivable Branch Server

- täysimittainen Lync Server 2010.

Edellä mainitut sovellutukset sisältävät rekisterinpitäjän autentikointiin ja puhelun reititykseen sekä välityspalvelimen, joka hoitaa signaloinnin rekisterinpitäjän ja PSTN-yhdyskäytävän (kuuluu SBA:han) välillä. Lisäksi ratkaisuun kuuluu SQL-palvelin paikallista käyttäjädataa varten ja PSTN-linjoja, analogisia portteja ja Ethernet-adapteri. [Microsoft 2010; Microsoft 2012b.]

Pienille ja keskikokoisille etätoimipisteille (25 – 1000 työntekijää) suositellaan pienintä Survivable Branch Appliance -laitetta, joka hoitaa julkisen puhelinverkon puhelut PSTN-yhdyskäytävän tai SIP-trunk -liitynnän avulla. Laitteisto on kolmannen osapuolen toimittama palvelin, joka sisältää Windows Server 2008 R2 -käyttöjärjestelmän, Lync Server -rekisterinpitäjän, välityspalvelin-ohjelmiston ja PSTN-yhdyskäytävän. Etätoimipisteelle, jossa on 1000 – 5000 työntekijää ja jolla on kiinteä WAN-yhteys, suositellaan Survivable Branch Server -laitetta, joka kytketty joko PSTN-yhdyskäytävään tai SIP-trunk -yhteydellä palveluntarjoajalle. Laitteisto sisältää Windows-palvelimen ja välityspalvelimen. Lync server tukee kahta Survivable Branch Appliance -laitetta etätoimipistettä kohti. [Microsoft 2012b.]





Kuva 21. Lync Server 2010 -palvelun etätoimipisteen vikaisetoisuusmallit [Microsoft 2012b].

Jos etätoimipisteen WAN-yhteys pääkonttoriin katkeaa, käyttäjät rekisteröityvät Survivable Branch Appliance -laitteen rekisterinpitäjälle, kuten normaalistikin ja siirtyvät käyttämään PSTN-yhteyttä tämän kautta, jolloin puhelupalvelut ovat koko ajan käytettävissä. Etätoimipisteen työntekijät, jotka ovat kotona tai muussa paikassa, voivat rekisteröityä pääkonttorin rekisterinpitäjä-palvelimelle, jos etätoimipisteen WAN-yhteys on poikki. Näillä käyttäjillä on käytössään kaikki UC-toiminnallisuudet, lukuun ottamatta sisäisiä puheluita etätoimipisteeseen, jotka ohjautuvat vastaajaan. Kun WAN-yhteys palautuu, etätoimipisteen käyttäjät saavat täydet ominaisuudet taas käyttöönsä. [Microsoft 2012b.]

## 5.4 IBM

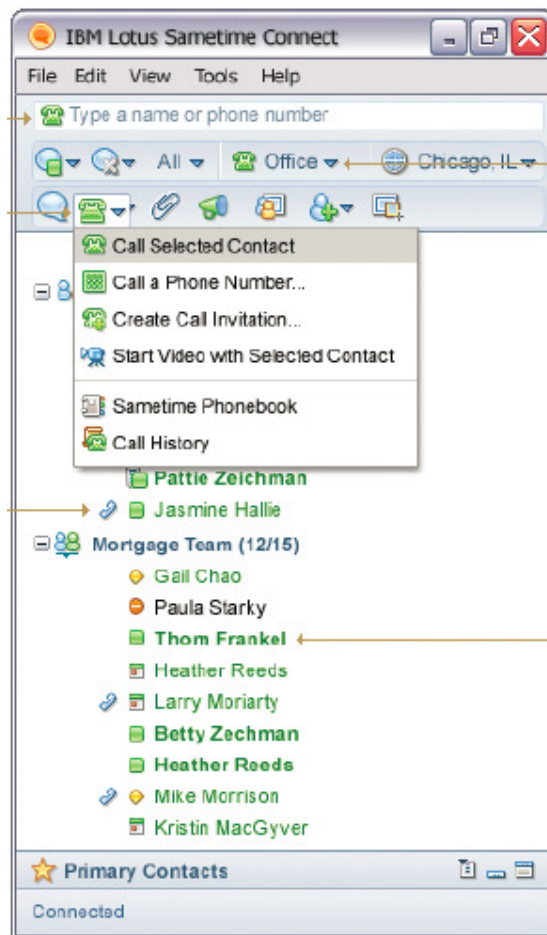
### 5.4.1 IBM Unified Communications and Collaboration

IBM keskittyy UC-ratkaisuissaan järjestelmien ja sovellusten yhdistämiseen ja kumppaneidensa ratkaisujen hyödyntämiseen. Kumppaneina UC-ratkaisuissa toimivat Avaya, Cisco ja myös Siemens Open Scape Voice -tuotteillaan. [Kuronen 2012] IBM

kertoo pystyvänsä yhdistämään lähes mitkä tahansa sovelluksen, laitteen, verkon ja käyttöjärjestelmän keskenään asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. IBM Unified Communications and Collaboration -ratkaisut on suunniteltu erityisesti parantamaan työskentelyä ja sulautumaan yritysohjelmistoihin. Lisäksi tarjolla on tehokkaita verkonhallintatyökaluja, joilla vähennetään konfigurointi- ja ylläpitoaikoja. IBM tarjoaa yhdistettyä viestintää myös pilvipalveluna eli UCaaS-palveluna, joka voidaan toteuttaa yksityisessä pilvessä tai hybridiratkaisuna. [IBM 2010; IBM 2011; IBM 2012a.]

#### 5.4.2 IBM Sametime ja IBM Sametime Unified Telephony

IBM Sametime -ohjelmisto on IBM:n reaaliaikaisen viestinnän ydin ja se on osa IBM:n sosiaalisia yhteistyösovelluksia. Sametime-käyttäjäliittymä (kuva 22) yhdistää UC-työkalut yhdeksi kokonaisuudeksi. Sametime Unified Telephony -ominaisuudet (SUT) voidaan liittää Sametimeen (kuva 22), jolloin käyttäjät saavat käyttöönsä VoIP-palvelut. SUT tukee useita puhelinympäristöjä eri toimittajilta ja erilaisia PBX-ratkaisuja. [IBM 2009; IBM 2011; IBM 2012a.]

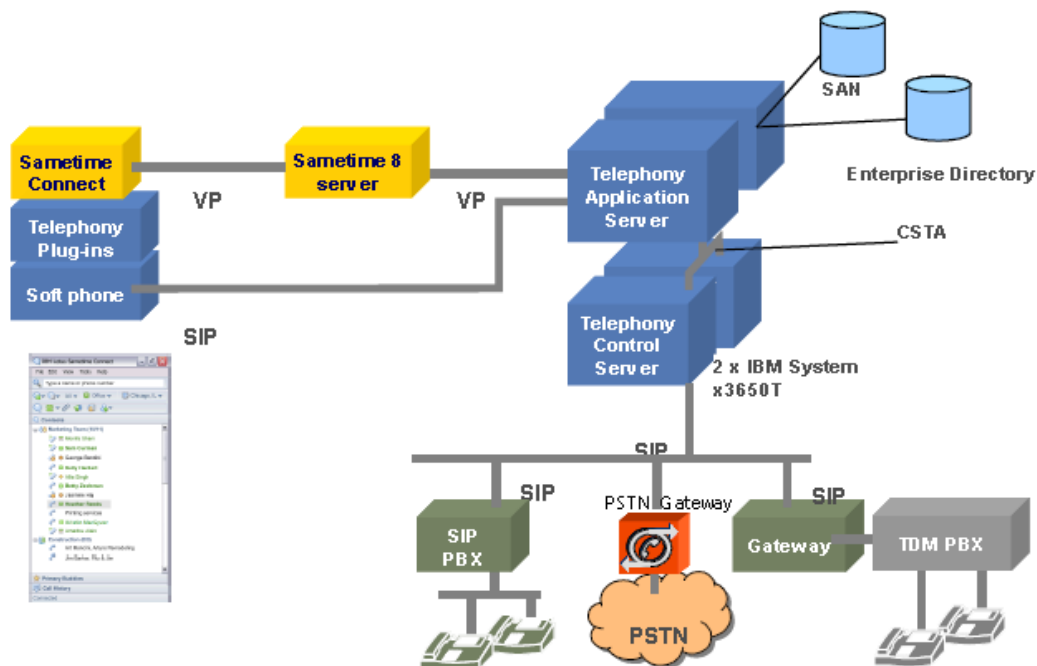


Kuva 22. IBM Sametime -käyttäjäliittymä SUT-ominaisuudella [IBM 2009].

IBM SUT -ratkaisu muodostaa yhteydet PBX- ja aikavälipohjaisiin järjestelmiin käyttäen SIP-protokollaa. Tämä mahdollistaa vanhojen laitteiden hyödyntämisen uudessakin UC-infrassa, sekä sen mahdollisen laajentamisen. SUT on suunniteltu luotettavaksi ja joustavaksi ratkaisuksi, jonka puhelun hallintaelementit tarjoavat valmistajan mukaan 99,999 prosentin käytettävyyden. Lisäksi järjestelmä tukee vikasietoisuutta, klusterointia ja kuormantasausta. Ohjelmistoon kuuluu myös IBM Tivoli Automation System for Multiplatforms, joka tarjoaa politiikka-perusteisen automatiikan ohjelmille ja palveluille heterogeenisissä ympäristöissä ja mahdollistaa näin korkean käytettävyyden ja vähentää palvelukatkojen esiintymistä ja kestoa. [IBM 2009.]

Keskitetty SUT-arkkitehtuuri [Page 2011] voidaan siis toteuttaa liittämällä komponentit jo yrityksessä valmiina olevaan infraan, joka koostuu yleensä usean laitevalmistajan laitteista kuten kuvassa 23. Keltaisella on merkitty jo valmiina oleva Sametime-

ympäristö ja uudet SUT-komponentit sinisellä. Harmaalla ja vihreällä merkityt vanhat puhelinjärjestelmän osat pysyvät muuttumattomina. Järjestelmään voidaan lisäksi joutua lisäämään yhdyskäytävä-komponentteja riippuen vanhasta infrasta. Kuvassa näkyvää VP-protokollaa (Virtual Places) käytetään Sametime pikaviestintä-signaalointiin ja SIP-protokollaa puheluihin. Uudet SUT-väliohjelmistokomponentit sijaitsevat Sametime-palvelimen ja puhelininfran välillä. Ensimmäinen on Telephony Application Server (TAS), joka tarjoaa puhelupalvelut Sametime-käyttäjäliittymille, sisältäen puhelun hallinnan, puhelun reitityssääntömoottorin, äänipuhelut ja neuvottelutoiminnallisuudet sekä rekisterinpitäjän. Toinen komponentti on Telephony Control Server (TCS), joka on operaattoritason puhelusovellus ja vastaa mediapalvelinten, SIP-neuvottelusiltojen, SIP-yhdyskäytävien ja TAS-komponentin välisistä yhteyksistä. TCS prosessoi useista trunklinjoista tulevat puhelut ja reitittää ne oikeaan kohteeseen. TCS perustuu täysin Siemens OpenScape Voice -puhelinjärjestelmään, ja mahdollistaisi teknisesti hyvin helposti myös muiden puhelinpalveluiden tarjoamisen samasta infrastruktuurista. Sametime Unified Telephony -ratkaisun kaikki palvelimet tukevat myös virtualisointia. [Kuronen 2012.]



Kuva 23. SUT-järjestelmä monilaitetoimittaja-ympäristössä [Page 2011].

Vikasietoisuutta järjestelmään voidaan lisätä kahdennetuilla TAS- ja TCS-komponenteilla. TAS tarjoaa myös erillisen valmiustilan vikatilanteesta toipumiseen,

mutta koska TAS on ohjelmistotason-komponentti eikä puhelu-komponentti, sen vikasietoisuuteen on panostettu vähemmän. Jos TAS on vikaantunut, TCS reitittää tällöin puhelut käyttäjän oletuslaitteeseen. [Page 2011] Etätoimipisteelle ei IBM:llä tällä hetkellä ole omaa arkkitehtuuria. Sen sijaan käytetään IBM:n kumppaneiden laitteita, kuten erilaisia yhdyskäytäviä ja etätoimipistesovellutuksia takaamaan vikasietoisuus ja yhteydet. UC-pilvipalveluiden [Kuronen 2012] arkkitehtuuria ei ole vielä julkistettu, mutta etätoimipisteiden mahdollisesti tarvitsemissa ratkaisuissa voidaan käyttää muun muassa Siemensin Open Scape Branch -ratkaisuja.

SUT-toimintoihin kuuluu myös hätäpuheluiden ohjaus, joka yritysverkosta soitettaessa. Hätäpuhelut reititetään oikeaan hätäkeskukseen paikkatunnisteen perusteella, joka on yhdistetty soittajan puhelinnumeroon. On kuitenkin tärkeä muistaa, että kyseinen paikkatieto koskee vain toimipistettä ja pöytäpuhelimia, eli hätäpuhelu reitittyy tämän toimipisteen lähellä olevaan hätäkeskukseen. Hätäpuhelu ei siis yhdisty oikeaan paikkaan työntekijän ollessa jossain muualla kuin toimistolla. [IBM 2012b.]

## 6 Parhaita käytäntöjä etätoimipisteelle UCaaS-palvelua varten

Tässä luvussa esitellään kootusti parhaita käytäntöjä etätoimipisteen liittämiseksi yhdistetyn viestinnän -pilvipalveluun. Erilaisia tekniikoita ja ratkaisuja ryhmitellään aluksi vikasietoisuuden [Gärtner 1999] näkökulmasta, jonka jälkeen esitellään vikasietoisen etätoimipisteen vuokaavio-malli ja kysymyslista sekä luvussa 6.2 kaksi esimerkkitausta kaavioon pohjautuen. Luvussa 6.3 pohditaan UCaaS-palveluiden haasteita.

Vikasietoisuus voidaan jakaa laitteisto- ja ohjelmistopohjaiseen sekä näiden yhdistelmään eli hybridivikasietoisuuteen. Yleisesti vikasietoisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat käytettävissä oleva kaistanleveys ja mahdolliset varayhteydet. Kaistan käyttöön vaikuttaa muun muassa käytetty äänikoodekki. Useissa suosituksissa onkin käytetty sisäverkon liikenteessä pakkaamatonta ja parempilaatuista ääntä tarjoavaa G.711-koodekkia ja ulko-verkon yhteyksissä vähemmän kaistaa vievää G.729-koodekkia. Lisäksi paljon dataa keskenään vaihtavien laitteiden kannattaa sijaita verkossa mahdollisimman lähellä toisiaan. Pääkonttorin ja etätoimipisteen välistä kaistaa säästyy myös, jos etätoimipisteen ulkopuhelut reititetään suoraan ulko-verkkoon eikä pääkonttorin kautta.

Laitteistopohjainen eli fyysinen vikasietoisuus voidaan toteuttaa lisäämällä varayhteyksiä WAN-linkin katkeamisen varalle. Nämä varayhteydet voivat olla toisia WAN-linkkejä, ISDN- ja PSTN-yhteyksiä, joita voidaan käyttää esimerkiksi myös dataliikenteeseen tai pelkästään puheluita varten. Eri operaattoreilta ja/tai pilvipalvelutarjoajilta voidaan myös ottaa omat liittymänsä, jolloin yhden toimittajan ongelmat eivät vaikuta asiakkaan tietoliikenteeseen. Lisäksi etätoimipisteeseen voidaan sijoittaa omaa laitteistoa, joka voi tarvittaessa hoitaa yhdistetyn viestinnän toimintoja tai vähintään puhelujen hallintaa. Fyysiseen vikasietoisuuteen voidaan myös lukea lankapuhelimet ja kännykät, joita voidaan käyttää hätätilanteessa, jos yhteys pilvipalveluun on poikki. Laitteistollinen vikasietoisuus on kaikkein kallein toteutustapa, mutta yleensä kaikista toimintavarmin.

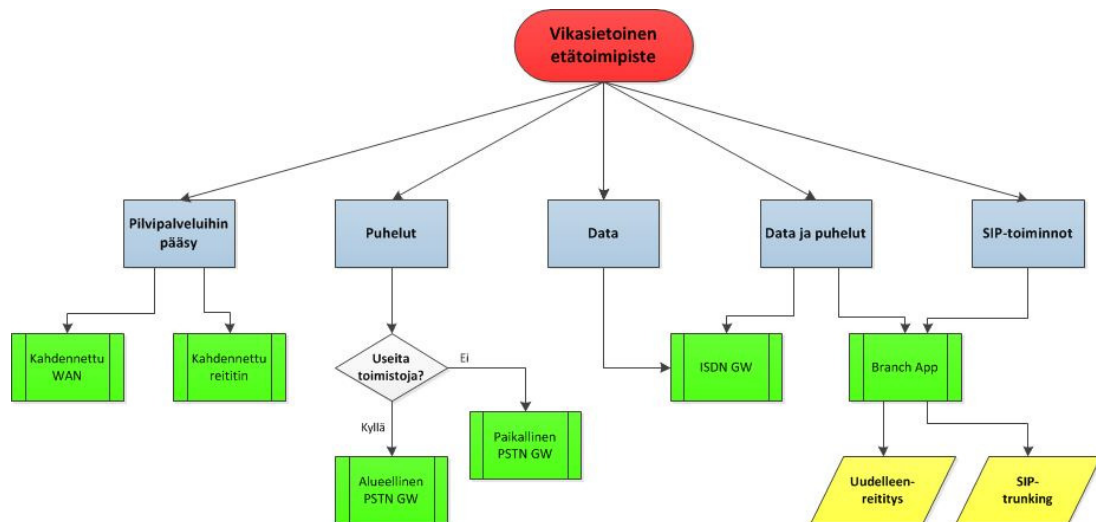
Ohjelmistollinen vikasietoisuus käsittää erilaiset valvontaohjelmistot sekä virtualisointi- ja kahdennusratkaisut, joita voidaan sijoittaa etätoimipisteeseen palvelimelle tai keskitetysti yrityksen pääkonttoriin tai konesaliin. Ohjelmistollinen vikasietoisuus vaatii kuitenkin usein myös fyysisen vikasietoisuuden komponentteja, sillä vähintäänkin varayhteyksiä WAN-verkkoon on oltava käytössä, jotta saadaan esimerkiksi yhteys varapalvelin-instanssiin uudelleen reitityksen avulla. Yleensä onkin järkevintä käyttää molempien

edellä mainittujen vikasietoisuusmallien parhaita puolia eli hybridimallia, jolloin voidaan yhdistää laitteiston luotettavuus ja ohjelmiston joustavuus. Tällöin voidaan laskea kustannuksia, joita pelkän laitteistomallin käytöstä aiheutuisi. Lisäksi valintoihin vaikuttavat etätoimipisteen maantieteellinen sijainti, lait ja yhteyksien kriittisyys.

## 6.1 Vuokaavio etätoimipisteen yhteyksille

Järjestelmien suunnittelu pohjautuu lähes aina vaatimusmäärittelyyn [IEEE 1998], joka sisältää käyttötapaukset, toiminnalliset vaatimukset, ei-toiminnalliset vaatimukset sekä mahdolliset rajoitteet. Etätoimipisteen suunnittelussa on aloitettava analysoimalla haluttu palvelut eli toiminnallisuudet, joiden pohjalta arvioidaan muun muassa WAN/LAN-verkon kapasiteetin riittävyys. Toiminnallisille vaatimuksille määritellään kullekin ei-toiminnalliset vaatimukset, joita ovat muun muassa käytettävyys, vikasietoisuus, kapasiteetti sekä lainsäädännölliset seikat. Kolmantena tunnistetaan rajoitteet, kuten lait, budjetti (kustannukset), verkkoyhteyksien saatavuus ja esimerkiksi jo olemassa oleva laitteisto. Yhdistämällä edellä mainitut vaatimukset ja rajoitukset saadaan kullekin asiakkaalle sopiva ratkaisuehdotus vikasietoisen etätoimipisteen rakentamiseen.

Seuraavaksi esiteltävä vuokaavio on päätöksentekoa helpottava työkalu, johon on sijoitettu tärkeimmät etätoimipisteen yhteyksiin ja laitteistovalintoihin vaikuttavat seikat ja vaatimukset. Yhdessä kaavion kanssa voidaan käyttää kysymyslistaa, jossa otetaan huomioon muita yhteyksiin mahdollisesti vaikuttavia seikkoja ja rajoitteita, kuten henkilöstön määrä, HA-/kriittisyysvaatimukset, yhteysvalmiudet ja mahdollinen vanha laitteisto (laitteistot, verkot) sekä mahdolliset valtioiden lakien asettamat erityisvaatimukset. Edellä mainittujen pohjalta voidaan ratkaista sijoitetaanko toimipisteeseen laitteistoa vai ei, ja/tai liitetäänkö toimipiste pilvipalveluun useammalla kuin yhdellä WAN-linkillä. Sekä voidaan arvioida, tarvitaanko erillistä PSTN-/ISDN-yhteyttä.



Kuva 24. Vikasietoinen etätoimipiste -vuokaavio (suurempi versio liitteessä 1).

Kuvan 24 kaavio kuvaa yhden tai useamman kriittisen toiminnon turvaamista. Nämä toiminnot on merkitty sinisellä. Vihreällä merkityt kohdat ovat laitteistoa tai yhteyksiä, joiden avulla tietyn toiminnon vikasietoisuus voidaan toteuttaa. Lisäksi kaaviossa on keltaisella esitetty lisäominaisuuksia, jotka erillinen Branch Appliance -laite mahdollistaa. Seuraavaksi käydään läpi kaavion toiminnallisuudet. Yksinkertaisimmillaan turvataan ainoastaan pilvipalveluihin pääsy, jolloin kahdennetaan WAN-yhteys yhdelle reititimelle tai sijoitetaan etätoimipisteen kaksi reititintä, joilla on omat WAN-yhteydet. Puhelut voidaan turvata käyttämällä analogista PSTN-yhdyskäytävää etätoimipisteessä (paikallinen) tai jos esimerkiksi alueella tai maassa on useita etätoimipisteitä, näille voidaan asentaa yhteinen yhdyskäytävä julkiseen puhelinverkkoon eli alueellinen GW. Joissakin maissa on vielä käytössä myös ISDN-yhteys, jolloin pelkästään datayhteyksiä varten voidaan ottaa käyttöön oma ISDN-yhdyskäytävä. Myös puheluliikenne voidaan yhdistää ISDN-yhdyskäytävän kautta. Vikasietoiset SIP-palvelut toteutetaan erillisellä laitteella etätoimipisteessä, jolloin vikatilanteissa lokaalisti SIP-pohjaiset yhteydet toimivat normaalisti ja ulkoiset yhteydet voidaan reitittää PSTN-verkon kautta (uudelleen reititys). Lisäksi säästöjä puhelukuluisissa tuova SIP-trunking voidaan toteuttaa Branch Appliance:n avulla. SIP-trunk -yhteys voi PSTN:n tapaan olla joko lokaali tai esimerkiksi ulkoisen palveluntarjoajan hoitama. Seuraavaksi listataan kaavion käyttöön liittyvät kysymykset.

- Mitkä ovat kustannukset?
- Etätoimipisteen henkilöstömäärä?



- Miten tärkeitä eri yhteystyypit ovat?
- Onko sijaintikohteessa rajoituksia tai lakeja yhteyksiin liittyen?
- Onko etätoimipisteessä vanhaa laitteistoa?

Edellä oleva kysymyslista huomioi yrityksen, etätoimipisteen ja etätoimipisteen sijaintipaikan erityispiirteitä. Kysymykset eivät ole tärkeysjärjestyksessä, sillä vastauksista muodostuu kokonaiskuva tilanteesta, jonka pohjalta voidaan tehdä päätöksiä etätoimipisteen varustamisesta. Yksi suurimmista kysymyksistä on kuitenkin raha eli kuinka paljon yritys on halukas investoimaan etätoimipisteeseen. Toisaalta hyvin läheisesti tähän liittyy yhteystyyppien ja eri UC-palveluiden tärkeys eli kriittisyys: tuottavuus ei siis saisi kärsiä yhteysvioista. Etätoimipisteen henkilöstömäärä vaikuttaa puolestaan yhteysien kapasiteettiin ja myös laitteistovaatimuksiin, sillä pienimpien laitteiden laskentateho ei riitä usean tuhannen henkilön yhtäaikaisiin yhteyksiin. Etätoimipisteen sijainti on myös tärkeä tekijä, sillä valtioilla on hyvinkin kirjavia lakeja esimerkiksi VoIP-puheluiden reitityksestä ja salauksesta, sekä tietoliikenneyhteyksien laatu vaihtelee vielä suuresti maiden välillä. Etätoimipisteessä voi olla myös vanhaa laitteistoa (yhteensopivat IP-puhelimet, tietoliikennelaitteet) tai yhteyksiä, joita voidaan mahdollisesti yhdistää tai käyttää sellaisenaan yhdistetyssä viestinnässä ja vikasietoisuuden toteutuksessa. Lisäksi mobiiliratkaisuna esimerkiksi hätäpuheluita varten voidaan käyttää kännyköitä.

## 6.2 Esimerkitapauksia vuokaavion käyttöön

Kaavion käyttöä havainnollistetaan seuraavaksi kahdella hyvinkin erilaisella esimerkitapauksella, joista ensimmäisenä on uusi, 100 henkilön, etätoimipiste Suomessa. Tähän toimipisteeseen halutaan SIP-trunk-yhteys, joka voidaan toteuttaa paikallisen palveluntarjoajan avulla. Tällöin myös hätäpuhelut voidaan reitittää oikeaan hätäkeskukseen suositusten mukaisesti. Kyseinen etätoimipiste vaatii siten henkilöstömäärän ja SIP-trunk-ominaisuuden perusteella oman pienen Branch Applianceen tai vähintään SBC-laitteen, joka ei kuitenkaan mahdollista vikasietoista SIP-toimintoa. Toisaalta yritys voi myös Suomen hyvissä tietoliikenneolosuhteissa käyttää kahdennettua WAN-yhteyttä, jolloin yhteys keskitettyyn SIP-palveluun toimii.

Toinen esimerkki on kaksi saman yrityksen etätoimipistettä Intiassa, jossa ulkomaan puheluille on omat rajoituksensa. Ensimmäisessä toimipisteessä on 1000 työntekijää ja toisessa 4000. Ainoastaan puheluliikenne on kriittistä, joten toimipisteille riittäisi oma tai

alueellinen PSTN-yhdyskäytävä pilvipalveluiden katketessa. Intiassa on säädös VoIP-puheluille [Cisco Systems 2011], jonka mukaan puhelut täytyy pitää erillään VoIP- ja PSTN-verkoissa, eikä minkäänlaista maksujen kiertämistä sallita. Tämä tarkoittaa, että ulkomaan puhelut on ohjattava PSTN-verkkoon, elleivät ne ole suoria VoIP-VoIP-puheluita. Tällöin etätoimipisteille yhteinen PSTN-yhdyskäytävä on sijoitettava Intiaan yhteistyössä paikallisen operaattorin kanssa. Lisäksi hätätilanteessa voidaan käyttää kännyköitä.

### 6.3 UCaaS-pilvipalveluiden haasteet

UC-pilvipalveluiden kehittäjillä on vielä joitakin haasteita edessään, sillä esimerkiksi nykyisellään paikkatietoa ja sitä kautta maailmanlaajuisesti hätäpuheluiden ohjausta oikeaan hätäkeskukseen pystytään usein tarjoamaan vain pöytäpuhelimille. Suurimpia haasteita onkin paikkatiedon yhdistäminen myös sovelluspuheliin. Sama pätee myös VPN-yhteyksiin. USA:ssa toimiva RedSky tuottaa jo paikannuspalveluita [RedSky 2012] myös sovelluspuhelimille, ja maailmanlaajuinen tutkimus ja yhteistyö on käynnissä, mutta maiden erilaiset käytännöt ja säädökset hätäpuheluista myös osaltaan hidastavat yhteisten standardien luomista. Haasteita luovat myös lait puhelujen reitityksestä VoIP ja PSTN-verkkojen välillä, jolloin puhelun hallinta täytyy usein hoitaa paikallisesti. Lisäksi valtioilla on puhelunsalauksen kieltäviä säädöksiä. Esimerkiksi Kiinassa puheluista ei saa salata ollenkaan. Lisäksi pilvipalveluntarjoajat eivät julkaise kaikkia laitemallejaan joka maassa, joten etätoimipisteissä voidaan joutua tämän vuoksi tekemään kompromisseja.

## 7 Yhteenveto

Insinööriyössä luotiin katsaus kahteen uuteen käsitteeseen ja teknologiaan, yhdistettyyn viestintään sekä pilvipalveluihin. UC-viestintä mahdollistaa tehokkaamman kommunikoinnin ja tehostaa näin päätöksen tekoa ja työntekoa. Lisäksi se yhdistää kaiken kommunikoinnin yhteen käyttäjäliittymään ja parantaa käytettävyyttä. Pilvipalvelut tuovat yrityksille säästöjä erityisesti laitekustannuksissa, kun niiden ei enää tarvitse investoida omiin laitteisiin. Pilvipalvelut myös tarjoavat joustavaa kapasiteettia, joka voidaan skaalata reaaliaikaisesti yrityksen tarpeiden mukaiseksi. UC-pilvipalvelussa yhdistyvät edellä mainittujen tekniikoiden tuomat hyödyt.

SIP-pohjaiset UC-pilvipalveluratkaisut ovat kehittyneet viime vuosina paljon ja niitä tarjoavia yrityksiä on useita. SIP-signaalointiprotokolla on joustava ja tehokas väline yhteysien luomiseen ja tarjoaa monipuolisia toimintoja. Yhdessä MPLS-reitityksen ja muiden protokollien kanssa se muodostaa kokonaan uuden perustan VoIP-puheluille. SIP-protokolla vaatii kuitenkin vielä kehitystä erityisesti maailmanlaajuisen paikannuksen osalta, ja siirtyminen IPv6-verkkoihin luo haasteita. Käytettävyys ja puheluiden laatu voidaan taata etätoimipisteissä hyvällä verkkojen suunnittelulla, johon kuuluvat muun muassa sopivien koodekkien valinnat, komponenttien kahdennus, kaistanvarauksen hallinta ja vikasietoiset ratkaisut. Työssä esiteltyt yritykset tarjoavat keskenään lähes samantyyppisiä ratkaisuja etätoimipisteille joko painottaen verkkopohjaista (laitteistollista), ohjelmistollista tai hybridimallin mukaista vikasietoisuutta.

Vikasietoinen etätoimipiste voidaan rakentaa käyttäen työn lopuksi esiteltyä vikasietoisien etätoimipisteen vuokaaviomallia ja tätä täydentävää kysymyslistaa. Kaavio kuvaa eri toiminnot, jotka voidaan turvata tietyillä yhteysmuodoilla ja laitteilla, jos yhteys pilvipalveluun katkeaa. Kysymyslista on tarkoitettu kaavion tueksi ja sen avulla voidaan selvittää tietyn toimipisteen yksilölliset vaatimukset. Yritysten on päätettävä, miten tasapainottaa erilaisten yhteyksien kulut ja kriittisyys. Lisäksi on otettava huomioon maa-kohtaiset rajoitteet ja paikallisten tietoliikenneoperaattoreiden tukemat palvelut, sekä uuden laitteiston ja yhteyksien yhdistäminen mahdollisen vanhan laitteiston kanssa.

Yhdistetyn viestinnän ratkaisut ja pilvipalvelutoteutukset kehittyvät tulevinä vuosina varmasti ja nopeasti, sillä ne ovat yrityksille erittäin houkutteleva vaihtoehto IT-kustannusten vähentämiseen. Tiedyt seikat tietoturvan ja erityisesti hätäpuheluiden

reitityksen osalta täytyy kuitenkin vielä ratkaista ennen kuin SIP-pohjaisista UC-pilvipalveluista tulee yleinen puhelu- ja viestintäratkaisu maailmanlaajuisesti. Lisäksi pilvipalvelu-arkkitehtuuria on vielä kehitettävä vikasietoisemmaksi.

## Lähteet

Almeida, F. & Lourenço, J. 2011. *Security Issues in Unified Communications*. IJRRCS , Vol. 2, No. 2, huhtikuu 2011.  
<<http://www.sciacademypublisher.com/journals/index.php/IJRRCS/article/view/509/460>>. Luettu 24.10.2012.

Bross, J.F.M & Meinel, C. 2008. *Can VoIP Live up to the QoS Standards of Traditional Wireline Telephony?*. AICT '08. Fourth Advanced International Conference on Telecommunications, 08.-13.06.2008, sivut 126-132. IEEE 2008.

Broadvox. 2012. *SIP Trunking*. <<http://broadvox.com/products/sip-trunking>>. Luettu 11.14.2012.

Cisco Systems. 2003. *Multiprotocol Label Switching (MPLS) on Cisco Routers*. <[http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12\\_0st/12\\_0st21/feature/guide/fs\\_rtr.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0st/12_0st21/feature/guide/fs_rtr.html)>. Luettu 01.11.2012.

Cisco Systems. 2007. *Architectural Strategies For Unified Communications: Accelerate Collaborative Transformation*.  
<[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6882/ps6884/prod\\_white\\_paper0900aecd806f468b.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6882/ps6884/prod_white_paper0900aecd806f468b.pdf)>. Luettu 22.11.2012.

Cisco Systems. 2008. *The Cisco SONA Architectural Model in Unified Communications: A Solid Foundation for the Collaborative, Innovative Enterprise*.  
<[http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns340/ns517/ns477/White\\_paper\\_C11-473760.pdf](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns340/ns517/ns477/White_paper_C11-473760.pdf)>. Luettu 24.10.2012.

Cisco Systems. 2009. *Cisco UC Integration™ for Cisco WebEx Connect*.  
<[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/ps10352/ps103520/ps10528/data\\_sheet\\_c78-565433.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/ps10352/ps103520/ps10528/data_sheet_c78-565433.pdf)>. Luettu 22.11.2012.

Cisco Systems. 2010. *Cisco WebEx Connect IM security: Enterprise Instant Messaging through a commercial-grade multilayered architecture*.  
<[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/ps10352/ps103520/ps10528/Cisco\\_WebEx\\_Connect\\_Security\\_White\\_Paper.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/ps10352/ps103520/ps10528/Cisco_WebEx_Connect_Security_White_Paper.pdf)>. Luettu 22.11.2012.

Cisco Systems. 2011. *Cisco Unified Communications Manager Features and Services Guide, Release 8.5(1)*.  
<[http://www.cisco.com/en/US/docs/voice\\_ip\\_comm/cucm/admin/8\\_5\\_1/ccmfeat/fslop.html#wp1114625](http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/cucm/admin/8_5_1/ccmfeat/fslop.html#wp1114625)>. Luettu 21.12.2012.

Cisco Systems. 2012a. *Cisco Unified Communications Architecture Basics*, Cisco Systems.

<[http://www.cisco.com/en/US/docs/voice\\_ip\\_comm/uc\\_system/UC6.0.1/system\\_description/SDIPC.pdf](http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/uc_system/UC6.0.1/system_description/SDIPC.pdf)>. Luettu 25.10.2012.

Cisco Systems. 2012b. *Small Business PBX: The Basics*.

<[http://www.cisco.com/cisco/web/solutions/small\\_business/resource\\_center/articles/be\\_more\\_productive/small\\_business\\_pbx/index.html](http://www.cisco.com/cisco/web/solutions/small_business/resource_center/articles/be_more_productive/small_business_pbx/index.html)>. Luettu 02.11.2012.

Cisco Systems. 2012c. *Cisco Unified Communications Solution Reference Network Design (SRND)*.

<[http://www.cisco.com/en/US/docs/voice\\_ip\\_comm/cucm/srnd/7x/uc7xsrnd.pdf](http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/cucm/srnd/7x/uc7xsrnd.pdf)>. Luettu 11.11.2012.

Cisco Systems. 2012d. *Cisco Hosted Collaboration Solution*.

<<http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns1086/index.html>>. Luettu 22.11.2012.

Cisco Systems. 2012e. *Cisco Unified Communications System Release 9.x SRND*.

<[http://www.cisco.com/en/US/docs/voice\\_ip\\_comm/cucm/srnd/9x/uc9xsrnd.pdf](http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/cucm/srnd/9x/uc9xsrnd.pdf)>. Luettu 22.11.2012.

Chou, D. 2011. *Rise of the Cloud Ecosystems*.

<<http://blogs.msdn.com/b/dachou/archive/2011/03/16/rise-of-the-cloud-ecosystems.aspx>>. Luettu 19.10.2012.

CloudRyder. 2011. *NIST definition of Cloud Computing*.

<<http://cloudplanner.blogspot.fi/2011/01/nist-definition-of-cloud-computing.html>>. Luettu 19.10.2012.

Cramoysan, S. 2009. *Market Share: Enterprise Unified Communications Infrastructure, Worldwide*. Gartner, 2008, 23.6.2009. <<http://www.gartner.com/id=1035612>>. Luettu 12.10.2012.

Elliot, B. & Blood, S. 2011. *Magic Quadrant for Unified Communications*. Gartner, 22.08.2011.

<[http://www.nashuacomms.co.za/br/~/.media/internet%202010/Documents/Reports/Gartner\\_MQ\\_for\\_UC2011\\_Reprint.pdf](http://www.nashuacomms.co.za/br/~/.media/internet%202010/Documents/Reports/Gartner_MQ_for_UC2011_Reprint.pdf)>. Luettu 12.10.2012.

Elliot, B. & Blood S. 2012a. *A Technology Framework for Enterprise Unified Communications*. Gartner, 15.03.2012. <<http://www.gartner.com/id=1951815>>. Luettu 26.09.2012.

Elliot, B. & Blood, S. 2012b. *Magic Quadrant for Unified Communications*. Gartner,

27.08.2012. <<http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1BUINJX&ct=120828&st=sb>>. Luettu 14.10.2012.

Gens, F. 2008. *Defining "Cloud Services" and "Cloud Computing"*, 23.09.2008.

<<http://blogs.idc.com/ie/?p=190>>. Luettu 26.09.2012.

Google. 2012. WebRTC: FAQ, 2011-2012.  
 <<https://sites.google.com/site/webrtc/faq#TOC-What-are-the-parameters-of-iSAC->>.  
 Luettu 14.12.2012.

Gärtner, F. 1999. *Fundamentals of fault-tolerant distributed computing in asynchronous environments*. Computing Surveys, Vol. 3, Iss. 1, maaliskuu 1999. ACM 1999.

IBM. 2009. *IBM Lotus Sametime Unified Telephony*.  
 <<http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/lob14010usen/LOB14010USEN.PDF>>.  
 Luettu 29.11.2012.

IBM. 2010. *Power your communications with IBM and Avaya*. <<http://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=AVB03004USEN&apname=wwwsearch>>. Luettu 29.11.2012.

IBM. 2011. *Find, reach and collaborate with IBM Unified Communications and Collaboration solutions*.  
 <<http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/lob14044usen/LOB14044USEN.PDF>>.  
 Luettu 29.11.2012.

IBM Global Technology Services. 2012. *Session Initiation Protocol: Impact and implications*.  
 <<http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/icw03004usen/ICW03004USEN.PDF>>.  
 Luettu 26.11.2012.

IBM. 2012a. *Simplifying the move to unified communications and collaboration*.  
 <<http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/icb03009usen/ICB03009USEN.PDF>>.  
 Luettu 29.11.2012.

IBM. 2012b. *Sametime Unified Telephony emergency calling feature*. <<http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21567121>>. Luettu 14.12.2012.

IEEE Computer Society. 1998. *830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications*.  
 <<http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.metropolia.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=720574>>. Luettu 06.02.2013.

IETF. 2000. *RFC 2974: Session Announcement Protocol*.  
 <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2974.txt>>. Luettu 28.10.2012.

IETF. 2001. *RFC 3031: Multiprotocol Label Switching Architecture*.  
 <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>>. Luettu 1.11.2012.

IETF. 2002. *RFC 3261: SIP: Session Initiation Protocol*.  
 <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>>. Luettu 25.10.2012.

IETF. 2003a. *RFC 3550: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*.  
 <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt?number=3550>>. Luettu 28.10.2012.

IETF. 2003b. *RFC 3435: Media Gateway Control Protocol (MGCP)*.  
<<http://tools.ietf.org/html/rfc3435>>. Luettu 31.10.2012.

IETF. 2004. *RFC 3920: Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP): Core*.  
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc3920.txt>>. Luettu 1.11.2012.

IETF. 2006. *RFC 4566: SDP: Session Description Protocol*.  
<<http://tools.ietf.org/html/rfc4566>>. Luettu 28.10.2012.

IETF. *RFC 4966: Reasons to Move the Network Address Translator - Protocol Translator (NAT-PT) to Historic Status*, heinäkuu 2007. <<http://tools.ietf.org/html/rfc4966>>. Luettu 16.11.2012.

IETF. 2011. *RFC 6157: IPv6 Transition in the Session Initiation Protocol (SIP)*.  
<<http://tools.ietf.org/html/rfc6157>>. Luettu 16.11.2012.

IETF. 2012. *Emergency Context Resolution with Internet Technologies*, ECRIT.  
<<http://datatracker.ietf.org/wg/ecrit/charter/>>. Luettu 15.11.2012.

IETF. 1998. *RFC 2326: Real Time Streaming Protocol (RTSP)*.  
<<http://tools.ietf.org/html/rfc2326>>. Luettu 31.10.2012.

ITU-T. 2009. *H.323*. <<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323-200912-I/en>>. Luettu 28.10.2012.

ITU-T. 1993. *Q.700*. <<http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.700-199303-I/en>>. Luettu 31.10.2012.

Kuronen, Sami. 2012. Keskustelut IT-arkkitehti Sami Kurosen kanssa. Helsinki.

Lippis, J. 2012. *A Guide to Cloud-Ready Branch Office Networking*.  
<[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps10536/cisco\\_cloud\\_connect\\_v3.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps10536/cisco_cloud_connect_v3.pdf)>. Luettu 11.11.12.

Mell, P. &, Grance, T. 2009. *The NIST Definition of Cloud Computing*. National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory, 2009.  
<<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>>. Luettu 19.10.2012.

Microsoft. 2010. *Microsoft Lync Server 2010 PRODUCT GUIDE*.  
<<http://go.microsoft.com/?linkid=9742888>>. Luettu 27.11.2012.

Microsoft. 2012a. *Planning for Unified Messaging Servers*.  
<<http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb125141%28v=exchg.80%29.aspx>>. Luettu 12.11.2012.



Microsoft. 2012b. *Microsoft Lync Server 2010 Chapter 7: Planning for Enterprise Voice*. <[http://download.microsoft.com/download/1/A/5/1A5160CE-F5F7-4DFE-8EA0-6E2A3F89AD22/Chapter\\_07\\_Planning\\_for\\_Voice.doc](http://download.microsoft.com/download/1/A/5/1A5160CE-F5F7-4DFE-8EA0-6E2A3F89AD22/Chapter_07_Planning_for_Voice.doc)>. Luettu 27.11.2012.

Microsoft. 2012c. *Microsoft Lync Online for Enterprises Service Description*. <<http://download.microsoft.com/download/0/9/6/096C9441-8089-4655-ABB3-DC0ABA01A98D/Microsoft%20Lync%20Online%20for%20Enterprises%20Service%20Description.docx>>. Luettu 27.11.2012.

O'Connell D. & Elliot, B. 2011. *Magic Quadrant for Unified Communications as a Service, North America*. <<http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-189F463&ct=111208&st=sb>>. Luettu 14.10.2012.

Page, T. 2011 *Understanding IBM Lotus Sametime Unified Telephony V2*. <<http://public.dhe.ibm.com/software/dw/lotus/SUTVersion2-2Final.pdf>>. Luettu 30.11.2012.

Parker, M. 2012. *Gartner 2012 UC Magic Quadrant Confirms UC Market and Leadership*, UCStrategies. <<http://www.ucstrategies.com/unified-communications-strategies-views/gartner-2012-uc-magic-quadrant-confirms-uc-market-and-leadership.aspx>>. Luettu 14.10.2012.

Pearson, S. 2009. *Taking account of privacy when designing cloud computing services*. ICSE Workshop on CLOUD '09, sivut 44-52, 23.05.2009. IEEE 2009.

RedSky. 2012. *Enterprise E911 Solutions*. <<http://www.redskye911.com/e911-solutions/enterprise>>. Luettu 21.12.2012.

Ramgovind, S., Eloff, M.M. & Smith E. 2010. *The management of security in Cloud computing*. Information Security for South Africa (ISSA), sivut 1 – 7, 02.-04.08.2010. IEEE 2010.

Riemer, K. & Taing, S. 2009 *Unified Communications*, 2009. Business & Information Systems Engineering, Vol. 1, Num. 4 (2009), sivut 326-330, SpringerLink, 25.06.2009.

Robles, T., Ortiz, R., & Salvachja, J. 2003. *Porting the session initiation protocol to IPv6*. Internet Computing, Vol. 7, Iss. 3, touko-kesäkuu, 2003, sivut 43-50. IEEE 2003.

Schulzrinne, H. & Rosenberg, J. 1999. *The IETF Internet telephony architecture and protocols*. IEEE Network, Vol. 13, Iss. 3, toukokuu/kesäkuu 1999, sivut 18-23. IEEE 1999.

Siemens Enterprise Communications. 2011. *OpenScape Branch V2 Empowering the remote branch office*. <<http://www.siemens-enterprise.com/us/us/~media/internet%202010/Documents/Datasheets/OpenScape%20Branch%20Data%20Sheet%20V2.pdf>>. Luettu 25.11.2012.

Siemens Enterprise Communications. 2012a. *OpenScape Voice V7 Start with the right platform*. <[http://www.siemens-enterprise.com/us/us/~media/internet%202010/Documents/Datasheets/OpenScape-Voice\\_V7\\_Data\\_Sheet\\_2.pdf](http://www.siemens-enterprise.com/us/us/~media/internet%202010/Documents/Datasheets/OpenScape-Voice_V7_Data_Sheet_2.pdf)>. Luettu 25.11.2012.

Siemens Enterprise Communications. 2012b. *OpenScape Voice Solutions*. <[http://www.siemens-enterprise.com/us/us/~media/internet%202010/Documents/Brochures/OpenScape\\_Voice\\_V7\\_Portfolio\\_Brochure.pdf](http://www.siemens-enterprise.com/us/us/~media/internet%202010/Documents/Brochures/OpenScape_Voice_V7_Portfolio_Brochure.pdf)>. Luettu 25.11.2012.

Scheets, G., Parperis, M. & Singh, R. 2004. *Voice over the internet: A tutorial discussing problems and solutions associated with alternative transport*. Communications Surveys & Tutorials, Vol. 6, Iss. 2, huhtikuu 2004, sivut 1-10, IEEE 2004.

Steinmann, M. 2007. *Unified Communications with SIP*, 2007. ACM Queue Magazine, Vol. 5, Iss. 2, maaliskuu 2007, sivut 50-55, ACM 2007.

Undheim, A., Chilwan, A. & Heegaard, P. 2011. *Differentiated Availability in Cloud Computing SLAs*. 12th IEEE/ACM International Conference on Grid Computing (GRID), sivut 129-136. IEEE 2011.

UCI Forum. 2011. *Driving The Next Step to Interoperability*. <[http://www.ucif.org/portals/0/documents/UCIF\\_WhitePaper\\_Interop.pdf](http://www.ucif.org/portals/0/documents/UCIF_WhitePaper_Interop.pdf)>. Luettu 18.09.2012.

UCI Forum. 2012. *What is Unified Communications?*. <<http://www.ucif.org/Technology/Overview.aspx>>. Luettu 14.10.2012.

Viestintävirasto. 2007. *Hätäliikenteen ohjaus yritysverkoista*, 05.06.2007. <<http://www.112.fi/documents/Suositus3092007S.pdf>>. Luettu 14.11.2012.

VOIP-Info.org. 2012. *Session Border Controller*. <<http://www.voip-info.org/wiki/view/Session+Border+Controller>>. Luettu 02.11.2012.

Voip Supply. 2012. *HD voice codecs*. <<http://www.voipsupply.com/hd-voice-codecs>>. Luettu 14.12.2012.

Vaquero, L., Roderio-Merino, L., Caceres, J. & Lindner, M. 2009. *A break in the clouds: towards a cloud definition*. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 39, Iss. 1, sivut 50-55, tammikuu 2009. ACM 2009.

Wallace, K. 2011. *Implementing Cisco Unified Communications Voice over IP and QoS (CVOICE) Foundation Learning Guide*, Cisco Systems. Cisco Press, Indianapolis, USA, toukokuu 2011.

Weinman, J. 2011. *Network implications of cloud computing*. Telecom World (ITU WT), 2011 Technical Symposium at ITU, sivut 75-81. IEEE 2011.

White, S.& Clougherty, M. 2008. *PSTN Migration Using IMS*. Bell Labs Technical Journal 13(1), 199-220, Alcatel-Lucent 2008.

Yang, S.& Liu, Y. 2010. *Constructing Unified Communications, Integrated Network for Enterprises*. Power Electronics and Design (APED), 2010 Asia-Pacific Conference, sivut 90-92, 30.-31.05.2010. IEEE 2010.

Ziff Davis. 2012. *The Essential Guide to SIP Trunking*. VoIP News, 23.07.2012. <<http://www.voip-news.com/articles/voip-blog/the-essential-guide-to-sip-trunking-51942/>>. Luettu 14.11.2012.

Vikasietoinen etätoimipiste -vuokaavio

